

RECHERCHES
SUR LA
SOLUBILITÉ DE QUELQUES TARTRATES

ET SUR LES
DENSITÉS DE SOLUTIONS ÉTENDUES

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement à l'École Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Le 25 Février 1893

POUR OBTENIR LE *DIPLOME SUPÉRIEUR* DE PHARMACIEN DE 1^{re} CLASSE

PAR

Félix MOULIN

PHARMACIEN DE 1^{re} CLASSE

LICENCIÉ ÈS-SCIENCES PHYSIQUES

EX CHIMISTE EXPERT AU LABORATOIRE MUNICIPAL DE LA VILLE DE PARIS

MONTPELLIER
TYPOGRAPHIE ET LITHOGRAPHIE CHARLES BOEHM
ÉDITEUR DU NOUVEAU MONTPELLIER MÉDICAL

1893

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER.

PROFESSEURS

MM. J.-E. DIACON (I. P. )	DIRECTEUR	<i>Chimie générale.</i>
F. JEANJEAN (I. P. )		{ <i>Chimie analytique</i> <i>et Toxicologie.</i>
L. COURCHET (A. )		{ <i>Hist. natur. des médica-</i> <i>ments et Botanique.</i>
N.		<i>Physique.</i>
N.		<i>Pharmacie.</i>

COURS COMPLÉMENTAIRES ET AUXILIAIRES

MM. MASSOL, chargé du cours.....	<i>Physique.</i>
GAY, agrégé, chargé du cours...	<i>Pharmacie galénique.</i>
ASTRE, chargé du cours.....	<i>Chimie minérale.</i>
IMBERT, chargé du cours.....	<i>Minéralogie et Hydrologie.</i>
PLANCHON, chargé du cours....	<i>Matière médicale.</i>
GAY, Agrégé.....	<i>Organographie.</i>
ASTRE, agrégé.....	<i>Pharmacie chimique.</i>

AGRÉGÉS

MM. G. MASSOL (A. )
F. GAY (A. )
C. ASTRE (A. )

Secrétaire : H. GOT (I. P. )

Secrétaire honoraire : F.-J. BLAISE (I. P. )

NOTA.— L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

RECHERCHES
SUR LA
SOLUBILITÉ DE QUELQUES TARTRATES
ET SUR LES
DENSITÉS DE SOLUTIONS ÉTENDUES

INTRODUCTION

La solubilité des sels est une des questions les plus importantes et les plus intéressantes de la Chimie. La plupart des réactions chimiques, les lois de Berthollet sur les phénomènes de double décomposition, et presque tous les procédés d'analyse minérale reposent sur la solubilité des sels.

On a également cherché à quel état se trouve le sel dissous : s'il y a combinaison avec le liquide, ou si les particules du composé sont simplement disséminées au sein du dissolvant ?

M. Berthelot estime¹ : « que le point de départ de la dissolution proprement dite réside dans la formation de certaines combinai-

¹ Berthelot : Essai de mécanique chimique fondée sur la thermochimie, tom. II, pag. 142 à 170.

sons définies entre le dissolvant et le corps dissous. Tels seraient les hydrates définis formés au sein de la liqueur même, entre les sels et l'eau existant dans cette liqueur; hydrates analogues ou identiques aux hydrates définis des mêmes composants, connus sous l'état cristallisé.

»L'existence de ces hydrates est absolument démontrée, toutes les fois qu'ils peuvent être isolés sous forme de cristaux, comme il arrive pour l'acide sulfurique : $\text{SO}^4\text{H}^2 + \text{H}^2\text{O}$; l'acide oxalique : $\text{C}^2\text{O}^4\text{H}^2 + 2\text{H}^2\text{O}$; pour l'hydrate de potasse : $\text{KOH} + 2\text{H}^2\text{O}$, etc.

»On est donc conduit tout naturellement à se demander si ces hydrates ne subsisteraient pas jusque dans les dissolutions, et s'il ne s'en formerait pas d'analogues, dans les cas mêmes où l'on ne saurait pas les isoler par cristallisation.

»Je pense en effet qu'il en est ainsi, et que chaque dissolution est réellement formée par le mélange d'une partie du dissolvant libre, avec une partie du corps dissous, combinée au dissolvant suivant la loi des proportions définies. Tantôt cette combinaison se formerait intégralement et d'une façon exclusive; tantôt, au contraire, cette combinaison ne se formerait qu'en partie, le tout constituant un système dissocié, dans lequel le corps anhydre coexiste avec l'eau et son hydrate; ce qui paraît être le cas pour la plupart des sels alcalins.

»Plusieurs hydrates définis d'un même corps dissous, les uns stables, les autres dissociés, peuvent exister à la fois au sein d'une dissolution. Ils constituent alors un système en équilibre, dans lequel les proportions relatives de chaque hydrate varient avec la quantité d'eau, la température, ainsi qu'avec la présence des autres corps, acides, bases ou sels, capables de s'unir pour leur propre compte, soit à l'eau, soit au corps primitivement dissous. Ce serait le degré inégal de cette dissociation des hydrates, variable avec la température, qui ferait varier le coefficient de solubilité du corps dissous lui-même.»

M. Berthelot appuie l'existence des hydrates dissous sur un

certain nombre de faits parmi lesquels nous mentionnerons les suivants :

1° *Formation des hydrates cristallisés* cités tout à l'heure.

2° *Précipitation des sels par déshydratation.* — Les solutions concentrées de potasse, de soude, enlèvent de l'eau à des solutions saturées de chlorure de potassium et de sodium, et elles en précipitent le sel vers 12 degrés.

3° *Changement de coloration de certaines solutions saines suivant la concentration.* — Les liqueurs étendues de chlorure de cuivre sont bleues parce qu'elles renferment le chlorure hydraté, tandis que les liqueurs concentrées sont jaune verdâtre à cause de la présence du chlorure anhydre. De même les sels de Cobalt, certains persels de fer, les chromates, etc., donnent des solutions dont la couleur varie suivant la concentration.

Quelles que soient les hypothèses que l'on puisse faire sur les phénomènes de dissolution, ils sont toujours caractérisés par ce fait¹ : « qu'il existe un rapport constant et défini pour chaque température entre le corps dissous et le poids du dissolvant ».

Ce rapport s'appelle *coefficient de solubilité* ; il varie avec la température, et croît en général à mesure que celle-ci s'élève.

Les chimistes, les pharmaciens, ont un grand intérêt à connaître pour chaque corps le coefficient de solubilité qui lui est propre, et la manière dont varie ce coefficient avec la température. Grâce à lui ils peuvent obtenir de suite des solutions saturées, sans être obligés de consacrer à ces opérations un temps très long, souvent précieux.

Gay-Lussac le premier, en 1819, dans un mémoire resté célèbre², montre l'importance capitale du phénomène de la solubilité, et exprime le désir qu'on détermine pour chaque corps et pour des températures variables, le coefficient de solubilité qui

¹ Berthelot ; Essai de mécanique chimique, *loc. cit.*, pag. 160.

² Annales de physique et chimie, 1819, tom. XI, pag. 296.

lui est propre : « On est étonné, dit-il, en parcourant les divers ouvrages de chimie, du vague de nos connaissances sur la dissolution des sels. Elles se bornent, pour ainsi dire, à l'observation que les sels sont plus solubles à chaud qu'à froid, et à la solubilité de quelques-uns d'entre eux à une température ordinairement très incertaine. Cependant c'est sur cette propriété des sels que sont fondés leur décomposition mutuelle, leur séparation et divers procédés d'analyse. Comme opération chimique, la dissolution mérite d'ailleurs une attention particulière, car bien que les causes auxquelles elle est due soient les mêmes que celles qui produisent les autres combinaisons, leurs effets ne se ressemblent pas. Il est à désirer que cette partie intéressante de la chimie, restée si longtemps dans des généralités vagues, rentre enfin dans le domaine de l'expérience et qu'on détermine la solubilité de chaque corps, non seulement pour une température fixe, mais pour des températures variables. »

Récemment encore, M. Bourgoïn fait remarquer dans son *Traité de Pharmacie galénique* que la solubilité d'un grand nombre de corps est imparfaitement connue, et qu'il reste beaucoup à faire dans cette voie.

Sur les indications de M. le professeur Diacon j'ai entrepris de déterminer les coefficients de solubilité de quelques tartrates solubles. Ces composés qui appartiennent à la chimie organique forment un groupe de sels offrant entre eux les plus grandes analogies, et leur étude nous a paru n'être pas sans intérêt à cause de leur emploi en pharmacie.

J'ai étudié également les variations de densité avec la température, de solutions contenant pour cent parties en poids des quantités de sel de plus en plus grandes jusqu'à la saturation.

Ces recherches sont longues et délicates, je dirai au cours de cette étude les précautions minutieuses que j'ai prises pour éviter autant que possible les causes d'erreur.

J'ai divisé ce travail en deux parties ; dans la première, je décris les méthodes expérimentales que j'ai employées, et dans la seconde j'indique les résultats obtenus.

Avant d'aborder l'exposé de mes recherches, je tiens à remercier M. le professeur Diacon, directeur de l'École, de la bienveillance avec laquelle il a mis à ma disposition les laboratoires de l'École et les appareils qui m'étaient nécessaires.

Je dois aussi exprimer ma profonde gratitude à MM. les professeurs Astre et Massol, pour les précieuses indications et les savants conseils qu'ils m'ont donnés pendant ces recherches.

PREMIÈRE PARTIE

PURIFICATION ET ANALYSE DES SELS

Les sels que je me proposais d'étudier étaient au nombre de six, savoir : l'émétique, $C^4H^4O^6(SbO)K + 1/2 H^2O$, le bi-tartrate de soude $C^4H^4O^6Na + H^2O$, le tartrate neutre de potassium $C^4H^4O^6K^2 + 1/2 H^2O$, le sel de seignette ou tartrate neutre de potassium et de sodium $C^4H^4O^6NaK + 4 H^2O$, le tartrate neutre de soude $C^4H^4O^6Na^2 + 2 H^2O$ et le tartrate borico-potassique, mais ce dernier a dû être abandonné parce que je n'ai pu l'obtenir à l'état cristallisé et être certain de sa pureté.

Les cinq autres ont été purifiés en faisant subir, à des sels du commerce déjà presque purs, de nombreuses cristallisations successives. Après la dernière cristallisation, les cristaux bien égouttés étaient lavés à l'eau distillée, séchés entre des doubles de papier buvard, enfin portés dans une étuve à 100 degrés pour terminer la dessiccation.

Les formules de ces composés montrent qu'ils renferment tous de l'eau de cristallisation ; or, par suite de la formation des cristaux à des températures différentes et du séjour plus ou moins prolongé à l'étuve, cette eau de cristallisation a pu varier, disparaître en totalité comme pour l'émétique, ou diminuer seulement comme cela a lieu pour les autres sels. Il importait donc de déterminer exactement, pour avoir dans la suite des solutions parfaitement titrées, la composition des produits obtenus, c'est-à-dire la quantité de sel anhydre contenue dans chacun d'eux.

Cette donnée importante a été calculée pour les tartrates alcalins

en les transformant en sulfates ; du poids du sulfate on déduisait la quantité de tartrate anhydre et par différence l'eau de cristallisation.

L'échantillon qui servait à l'analyse était prélevé sur l'ensemble du sel soigneusement pulvérisé et bien mélangé pour rendre sa masse homogène. Son poids variait ordinairement de 0^{gr},20 à 0^{gr},30. L'acide sulfurique qui servait à la transformation était absolument pur. On en versait quelques gouttes sur le produit, et l'on chauffait lentement d'abord pour éviter les projections, puis plus fortement. Aussitôt que l'on commence à chauffer, la masse se boursoufle en même temps qu'elle noircit et se carbonise. Le charbon transforme une partie des sulfates en sulfures, et, après calcination complète, on obtient une substance d'aspect jaunâtre qui est un mélange de sulfates et de sulfures ; on ajoute quelques nouvelles gouttes d'acide sulfurique et on chauffe pour transformer les sulfures en sulfates. La masse, étant devenue entièrement blanche, est fondue au rouge pour décomposer les bisulfates, mise à refroidir sous une cloche en présence de l'acide sulfurique et pesée.

Ce procédé n'est pas applicable à l'émétique. L'analyse de ce sel a été faite en dosant l'antimoine à l'état de sulfure.

SOLUTIONS SATURÉES.

Deux moyens généraux ont été indiqués pour obtenir des solutions saturées :

1° Mettre dans l'eau froide un excès du corps, élever graduellement la température jusqu'au point voulu et maintenir celle-ci constante pendant le temps nécessaire à la saturation.

2° Porter l'eau et le sel à une température supérieure à celle que l'on veut observer, et laisser refroidir en agitant, jusqu'à celle de l'expérience que l'on maintient constante pendant quelques heures. Une portion du sel se dépose, et il ne reste dans la liqueur

que la quantité que l'eau peut dissoudre à la température donnée.

Les deux méthodes sont bonnes et beaucoup d'expérimentateurs ont employé indifféremment l'une et l'autre ; elles donnent des résultats identiques, si l'on a eu soin de maintenir constante la température pendant un temps suffisant, pour que la composition de la liqueur ne varie plus.

Nous avons donné la préférence à la première.

Dosage du sel dissous. — Deux procédés permettent de déterminer la quantité de sel contenue dans un poids donné de solution. Le plus simple consiste à évaporer à siccité un poids connu de la dissolution et à peser le résidu. Ce procédé est excellent quand le corps ne renferme pas d'eau de cristallisation, mais peut présenter des inconvénients s'il en contient. La température à laquelle il faut porter le corps pour chasser cette eau, si c'est un composé organique, peut en produire la décomposition partielle, ce qui conduirait à un résultat incertain.

Lorsqu'on redoute ces difficultés, on a recours à un second procédé, aussi général, qui repose sur l'analyse quantitative. On dose alors le sel au sein même de la solution, soit volumétriquement au moyen des liqueurs titrées, soit par la méthode des poids.

Nous avons employé les deux méthodes.

L'émétique, qui perd facilement son eau de cristallisation, a été dosé par évaporation ; les autres par le procédé analytique qui nous a servi à déterminer la composition centésimale des sels.

Un poids de dissolution variant de 2 à 4 gram. pour les sels peu solubles et de 0^{gr},20 à 0^{gr},50 pour ceux dont la solubilité était plus grande, était retiré des tubes et mis dans de petites capsules en porcelaine, tarées à l'avance ; on évaporait au bain-marie, et on terminait la dessiccation dans une étuve à 100 degrés jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de perte de poids.

La transformation des tartrates alcalins en sulfates se faisait avec toutes les précautions indiquées précédemment. Le poids du sel

anhydre contenu dans la solution employée était déduit du poids du sulfate obtenu.

On entend ordinairement par coefficient de solubilité d'un sel à une température donnée, la quantité de sel qui peut se dissoudre dans cent parties du dissolvant à cette température ; mais on peut prendre pour valeurs de ce coefficient, ainsi que l'a proposé M. Etard¹, les nombres qui représentent la quantité de sel anhydre contenue dans 100 gram. de dissolution. Ce sont ces derniers que nous avons considérés, afin de rapprocher les liqueurs saturées des solutions étendues. Quand on connaît une de ces quantités, il est d'ailleurs facile de calculer l'autre.

APPAREILS ET MÉTHODES

Les dissolutions saturées ont toutes été obtenues avec les appareils à dissolution indiqués par M. Diacon dans ses recherches sur la solubilité². Ils sont constitués par de petites éprouvettes en verre représentées figures 1 et 2, ayant 3^{cm} environ de diamètre sur 15^{cm} de hauteur. Elles peuvent être fermées hermétiquement par des bouchons en liège E, percés d'un trou central dans lequel s'engage à frottement dur un tube en verre C; ce tube livre passage à la portion rectiligne d'un agitateur B, en verre plein, dont la partie inférieure est plusieurs fois recourbée. Enfin, un petit tube en caoutchouc D réunit le tube C à l'agitateur, et intercepte toute communication entre l'air de la cloche et l'air extérieur. On peut avec la main imprimer à l'agitateur, par la partie extérieure, des mouvements de rotation et de va-et-vient vertical, qui permettent à tout instant, et sans qu'il soit nécessaire de sortir la cloche du bain où elle se trouve, de bien mélanger le sel et le liquide pour faciliter la dissolution. Ainsi on est cer-

¹ Etard; Comptes rendus, tom. XCIII, pag. 993, 1276.

² Diacon; Recherches sur la solubilité des mélanges salins. Thèse 1864.

tain d'avoir toujours la même température à l'intérieur de l'éprouvette, et de supprimer toutes les causes d'échauffement ou de refroidissement qui pourraient provenir de l'extérieur.

EXPÉRIENCES A 0°. — La figure 3 représente l'appareil qui a servi pour les expériences à 0°. Il se compose d'une grande cloche cylindrique en verre A, de 10 à 12^{cm} de diamètre sur 20^{cm} de hauteur environ, qui est remplie de glace soigneusement concassée; le fond de cette cloche se continue par un prolongement tubulaire qui passe dans le goulot d'un flacon à large ouverture, destiné à recevoir les eaux provenant de la fusion de la glace. Une toile métallique, placée à la partie inférieure du vase A empêche la chute des morceaux de glace. Enfin, pour le protéger contre la chaleur extérieure, l'appareil est enfermé dans une caisse en bois C remplie de sciure.

Lorsque je voulais faire une observation, je mettais dans les tubes à dissolution T des quantités telles de sel qu'il y en ait un excès, puis j'ajoutais en proportion convenable de l'eau distillée parfaitement pure. Les cloches étaient enfoncées dans la glace jusqu'à la partie supérieure, et je les y laissais pendant quatre et cinq heures en agitant toutes les cinq minutes.

Avant d'enlever une dissolution de l'un des tubes, je soulevais l'agitateur et j'abandonnais au repos la cloche bien bouchée, pendant un temps suffisant pour que le sel fût entièrement déposé et la liqueur bien éclaircie. Le liquide était alors aspiré avec précaution, au moyen d'une pipette parfaitement sèche et mis dans des flacons à large ouverture bouchés à l'émeri. Une portion était analysée immédiatement, une autre servait à déterminer la densité.

Afin de savoir si la quantité de tartrate mise en expérience et la durée de contact du liquide avec le sel n'avaient aucune influence sur le titre de la dissolution, deux tubes étaient employés simultanément à obtenir des solutions saturées avec des quantités

différentes du même produit, et laissés, l'un pendant quatre heures l'autre pendant cinq heures dans la glace fondante. Enfin, pour éliminer autant que possible les erreurs d'expérience, trois échantillons de la même dissolution étaient analysés séparément.

Les chiffres que nous donnons plus loin sont les moyennes des résultats obtenus, résultats qui différaient très peu d'ailleurs les uns des autres.

EXPÉRIENCES A DES TEMPÉRATURES PLUS ÉLEVÉES. — Quand on opère à des températures supérieures à 0°, le point essentiel¹ est d'arriver à maintenir constante pendant plusieurs heures, la température à laquelle se fait la dissolution. Pour atteindre ce but, nous avons employé un appareil représenté dans les figures 4 et 5.

La pièce principale est un cylindre en cuivre L de 45^{cm} de longueur sur 30^{cm} de diamètre qui est rempli d'eau et sert de bain. Le fond de ce cylindre repose sur une couronne métallique et peut être chauffé directement.

Les tubes à dissolution sont placés dans un support spécial, construit sur mes indications par le mécanicien de l'École. Ce support, fig. 5, est formé de deux disques en laiton, A, B, soudés à une tige métallique, et séparés l'un de l'autre par une distance presque égale à la longueur des tubes; le disque supérieur occupe toute la circonférence intérieure du cylindre; il est percé de trous destinés à laisser passer les tubes tt et les thermomètres T, et présente sur les bords une petite ouverture O dont nous verrons ultérieurement l'usage. Le disque inférieur, d'un diamètre plus petit, porte des sortes de godets métalliques disposés symétriquement au-dessous des trous du disque supérieur, et destinés à recevoir le fond des cloches et à les maintenir verticales. La tige qui réunit les deux disques, arrondie en forme de poignée

¹ Alluard; Comptes rendus, tom. LIX.

D à la partie supérieure, s'élève au-dessus de l'ouverture du cylindre et permet de communiquer à tout l'appareil des mouvements de rotation. Deux paires d'ailettes, E, F, fixées, l'une sur la tige entre les deux disques, l'autre sur le disque inférieur, constituent un véritable agitateur. Le tout est supporté par un trépied fixé au disque B.

Lorsque je voulais obtenir des dissolutions saturées à la température du laboratoire, je faisais traverser l'appareil d'une manière continue par un courant d'eau. Pour cela, j'introduisais dans l'ouverture pratiquée sur les bords du disque supérieur un long tube de verre qui pénétrait jusqu'au fond du cylindre; ce tube recevait directement l'eau d'un robinet à vis, et un siphon placé à la partie supérieure enlevait l'excès de liquide. La dépense était réglée de telle façon que le niveau de l'eau fût constamment à hauteur du disque supérieur et par conséquent à un centimètre à peine au-dessous de l'ouverture des tubes. Des thermomètres très sensibles, dont j'avais noté¹ avec soin les positions des points 0 et 100, faisaient connaître la température du bain.

Comme dans les expériences à 0°, l'intérieur des tubes était agité toutes les cinq minutes.

Pour les températures plus élevées, le fond du cylindre était chauffé par un bec de Bunsen, et les températures maintenues invariables au moyen d'un thermo-régulateur à mercure Chancel. Dans ce cas, chaque cinq minutes j'agitais non seulement les dissolutions mais aussi l'eau du bain, afin de rendre la température de la masse liquide identique dans tous ses points.

Nous avons dit précédemment qu'avant d'enlever d'un tube une dissolution on laissait le sel se déposer et la liqueur s'éclaircir; pour certains tartrates très solubles, tels que le sel de seignette, le tartrate neutre de potasse, de soude, il est difficile, sinon im-

¹ En général, le point 100 n'avait subi aucune variation tandis que le zéro s'était élevé de 0.2 à 0.3 dixièmes de degré. J'ai tenu compte de ce déplacement pour corriger les températures observées.

possible, d'obtenir par le repos seul une limpidité parfaite ; les dissolutions sont encore louches et pour les rendre bien claires on est obligé de les filtrer.

L'appareil qui a servi à ces opérations nous a été indiqué par M. Diacon. Il est représenté dans les fig. 6 et 7 et se compose d'un tube en verre t, soufflé en boule vers le milieu, terminé par un entonnoir à la partie supérieure, et effilé à la partie inférieure. La boule est remplie d'ouate fine, tassée avec soin ; l'entonnoir est fermé hermétiquement par un bouchon de liège ou de caoutchouc b, percé d'un trou central, dans lequel passe à frottement dur une pipette p qui sert à aspirer le liquide, la partie effilée plongeant dans la solution. Lorsqu'une filtration doit être faite, la cloche C est sortie du bain et mise dans un vase plein d'eau à la température de l'expérience. Aussitôt que l'on produit une aspiration avec la bouche, le liquide monte dans le tube, passe au travers de la ouate et sort parfaitement limpide. Quand la pipette est pleine, on la retire du tube avec précaution, et on verse rapidement le contenu dans le flacon à densité, en même temps qu'une portion est prélevée et mise de côté pour l'analyse. Cette opération est de courte durée, puisqu'elle demande une minute à peine, et nous ne pensons pas que la dissolution ait eu le temps de se refroidir d'une manière sensible pour modifier le titre en quoi que ce soit. D'ailleurs, avant de servir, le tube et la pipette étaient mis dans une étuve et chauffés à une température un peu supérieure à celle de l'expérience. Après chaque filtration, la ouate était changée, le tube et la pipette bien lavés à l'eau distillée chaude et desséchés avec soin au moyen d'un courant d'air.

DÉTERMINATION DES DENSITÉS DES SOLUTIONS.

J'ai dû recourir pour ces déterminations à des méthodes et à des appareils différents suivant que j'opérais à saturation ou à solutions étendues ; je vais les indiquer successivement.

SOLUTIONS SATURÉES. — De tous les procédés employés pour déterminer la densité d'un liquide, le plus précis est sans contredit le procédé du flacon qui offre également l'avantage de n'exiger qu'une petite quantité du liquide que l'on étudie; aussi l'avons nous adopté pour ces mesures.

Pour avoir les densités des solutions saturées aux diverses températures, il suffit de déterminer les poids des solutions qui remplissent l'appareil, et de diviser ces poids par les volumes du flacon à ces températures, volumes qui sont égaux aux volumes à 0° multipliés par le binôme de dilatation $(1 + Kt)$, K étant le coefficient de dilatation cubique de l'enveloppe.

On commence par déterminer le volume du flacon à 0°; pour cela, on le remplit d'eau distillée jusque vers la partie supérieure et on le plonge dans la glace fondante. Quand le niveau du liquide est devenu absolument stationnaire, ce qui demande près d'une heure, on enlève, avec un fin rouleau de papier buvard, tout le liquide qui se trouve au-dessus du trait marqué sur la partie effilée du flacon, servant de point de repère. On le retire alors de la glace, et après l'avoir bien essuyé, on le laisse reprendre la température du laboratoire. L'équilibre de température établi, on porte le flacon bien séché sur le plateau de la balance; celui-ci ayant été taré à l'avance, l'augmentation de poids donne le poids de l'eau distillée contenue à 0° dans l'appareil. En divisant par la densité de l'eau, à 0, on obtient le volume du flacon à 0°.

Il suffit maintenant de multiplier ce volume par $(1 + Kt)$, t représentant les températures successives auxquelles ont été faites les dissolutions, pour avoir les capacités correspondantes de l'appareil à ces températures. — Nous avons pris pour valeur de K le coefficient moyen de dilatation cubique du verre de 0 à 50° trouvé par Régnault, qui est : 0,00002687.

Le poids de la solution saturée contenue à 0° dans le flacon, a été obtenu en prenant les mêmes précautions.

Pour les températures supérieures à celle du laboratoire, l'ap-

pareil était placé, plein de la dissolution, dans un bain d'eau à la température de l'expérience. Lorsque le volume était devenu invariable, on enlevait l'excès de solution avec un papier buvard et l'on terminait comme ci-dessus.

Remarques. — Tous les poids trouvés ont été corrigés du poids de l'air qui remplit le flacon.

Après chaque détermination de densité, le flacon était lavé à plusieurs reprises à l'eau distillée chaude, ensuite on le séchait en le chauffant légèrement et en faisant passer dans l'intérieur, au moyen d'un tube effilé, l'air provenant d'une forte soufflerie.

Les nombres qui représentent les densités sont les moyennes de trois déterminations au moins.

SOLUTIONS ÉTENDUES.

Variations de densité avec la température. — Déterminations faites par les dilatations. — Je me suis servi, pour déterminer les variations de densité avec la température, des dissolutions non saturées, de gros tubes thermométriques, fig. 8, analogues à ceux qu'a employés M. H. Kopp¹ dans les recherches qu'il a faites sur la densité des liquides, et auxquels il a donné le nom de dilatomètres.

Ces appareils donnent rapidement des résultats très précis ; ils permettent en effet de déterminer, pour chaque dissolution à tant pour cent, la dilatation et par suite la densité à des températures croissantes sur un même échantillon.

Ceux dont j'ai fait usage avaient 30 centim. de long ; la tige avait 1 millim. et demi de diamètre et était divisée en parties d'égale capacité. Elle se terminait, à la partie inférieure, par un réservoir de 4 à 5 centim. de longueur et ne portait point d'entonnoir à la partie supérieure, ainsi que cela a lieu ordinairement.

¹ Kopp ; Annalen der chemie und pharmacie, tom. XCIV, pag. 257 et tom. XCV, pag. 307.

La suppression de ce réservoir diminue les dimensions de l'appareil et rend sa manipulation plus commode.

Avant de commencer les expériences, j'ai vérifié le calibrage de chaque instrument en observant la marche d'une colonne de mercure dans le tube fin, et me suis assuré que les divisions de la tige de chaque appareil avaient même capacité. J'ai déterminé de plus les volumes de ces divisions et du réservoir.

Ces déterminations ont été faites de la manière suivante : le dilatomètre était pesé vide, plein d'eau distillée à 0° jusqu'à la division supérieure n' , et plein d'eau distillée à 0° jusqu'à une division quelconque n près du réservoir. Soient π , P , P' les poids obtenus ; $P - \pi$ représente le poids de l'eau distillée qui à 0° remplit l'appareil, $P - P'$ le poids de l'eau distillée qui à 0° occupe $n' - n$ divisions de la tige, et $\frac{P - P'}{n' - n}$ le poids de l'eau distillée qui à 0° occupe une seule division de la tige. Il est facile d'avoir maintenant le poids de l'eau distillée qui remplit le réservoir jusqu'au zéro de la division, ce poids est en effet égal à $P' - \pi$ diminué du poids de l'eau distillée contenue dans n divisions, c'est-à-dire à $P' - \pi - \frac{P - P'}{n' - n} n$. Ces divers poids, divisés par la densité de l'eau à 0°, donnent les volumes correspondants.

Nous avons trouvé ainsi, pour les divers appareils dont nous avons fait usage, que la capacité des réservoirs variait de 4^{cc},50 à 4^{cc},60, celle des divisions de la tige de 0^{cc},0054 à 0^{cc},0056.

Nota. — L'eau distillée qui a servi à ces mesures était absolument pure et purgée d'air ; la densité de l'eau a été prise dans les tables publiées par M. Rossetti ¹.

Quant aux coefficients de dilatation du verre des instruments, que l'on doit également connaître pour faire les observations, les nombres qui les représentent étant très petits et variant très peu d'un verre à l'autre, nous avons pensé que nous pouvions pren-

¹ Annales de physique et de chimie, 4^e série, tom. XVII, pag. 375.

dre, sans crainte de commettre des erreurs sensibles, ceux que Regnault a déterminés avec tant de soin, et qui représentent les coefficients moyens de dilatation cubique du verre de 0 à 50 et de 0 à 100°.

PRÉPARATION DES DISSOLUTIONS ET EXPÉRIENCES

Dans un flacon bouché à l'émeri, taré, lavé à l'eau distillée et bien desséché, on met le poids du sel qui doit entrer dans 100 gram. de dissolution, puis on ajoute de l'eau distillée parfaitement pure en quantité suffisante pour parfaire ce poids de 100 gram.; c'est-à-dire que, si la quantité de sel mise en expérience pèse 5 gram., on devra ajouter 95 gram. d'eau distillée.

Afin de rendre les résultats comparables entre eux, des dissolutions identiques ont été faites pour chaque tartrate; elles contenaient, pour 100 gram. de solution, le même poids de sel anhydre. Ainsi, nous avons étudié successivement des liqueurs renfermant 5, 4, 3, 2, 1 gram. et 0^{gr},50 % de chacun des sels.

Les tartrates très solubles, tels que le sel de seignette, le tartrate neutre de potasse, de soude, ont permis de déterminer les densités de solutions plus concentrées contenant 10, 15, 20 et 25 gram. % de sel. Il n'a pas été possible cependant de dépasser cette proportion, à cause de la difficulté que l'on éprouve à remplir les dilatomètres.

Les dissolutions sursaturées à 0°, obtenues avec de l'eau distillée chaude, ont pu être refroidies jusqu'à cette température sans cristalliser.

Avant d'être introduites dans les dilatomètres, toutes les liqueurs étaient filtrées.

Le remplissage des appareils se faisait au moyen de tubes en verre (fig. 11), formant entonnoir à la partie supérieure et étirés finement à la partie inférieure. On versait le liquide dans l'entonnoir, et il s'écoulait lentement, goutte à goutte, par le tube

capillaire qui le portait jusque dans le réservoir de l'instrument.

Les poids des appareils et des solutions, mis en expérience, ont été déterminés avec beaucoup d'exactitude à l'aide d'une grande balance construite par M. Deleuil, et sensible au milligramme pour des charges de 100 et 200 gram. dans chaque plateau.

Avant de commencer les observations, on doit avoir soin de plonger le dilatomètre dans un bain d'eau à une température supérieure à la température limite que l'on doit atteindre. Les bulles d'air emprisonnées dans la solution se dégagent et la dilatation de la liqueur se fait ensuite très régulièrement. Si l'on ne prend pas cette précaution indispensable, à une température de 40 à 55°, des bulles gazeuses montent dans la tige, divisent la colonne liquide en plusieurs segments et rendent la lecture des volumes impossible.

Après avoir rempli le dilatomètre jusqu'à une division quelconque de la solution à étudier, il est nécessaire d'enlever les portions de liquide qui adhèrent presque toujours aux parois du tube au-dessus du niveau de la solution ; on se sert pour cela d'un fil de platine que l'on fait glisser à plusieurs reprises à l'intérieur de la tige.

Les densités de chaque dissolution ont été déterminées d'abord à 0°, puis à des températures de plus en plus élevées jusqu'à 60°. Au delà de ce point, une portion de la liqueur se vaporise, les volumes lus sur la tige du dilatomètre sont trop faibles et les courbes que l'on obtient ne sont plus régulières.

Pour faire une détermination à 0°, on plonge le dilatomètre dans la glace fondante et on attend qu'il se soit mis en équilibre de température avec le milieu ambiant. On est assuré d'avoir obtenu ce résultat, quand le niveau du liquide dans la tige est devenu invariable. On soulève alors l'instrument avec précaution, jusqu'à ce que l'on voit nettement le niveau du liquide dans le tube, et on note le point d'affleurement. Le dilatomètre

est retiré de la glace, et quand il a pris la température de la salle, on l'essuie et on le porte sur le plateau de la balance. La tare ayant été faite à l'avance, les poids qu'il faut retirer pour rendre le fléau horizontal font connaître celui de la solution qui est dans l'appareil.

Si on appelle maintenant V_0 la capacité du réservoir à 0° , v celle d'une division de la tige et n le nombre de divisions occupées par le liquide à 0° dans le tube, la densité à 0° sera :

$$D = \frac{P}{V_0 + nv}$$

Dans cette formule P , le poids de la solution reste constant pour toutes les expériences, le volume seul varie; l'appareil se comporte comme un véritable thermomètre dont il suffit de noter les dilatations successives du liquide.

La seule difficulté est d'éviter les moindres variations de température au moment de la lecture des volumes.

L'appareil qui a servi à ces recherches se compose d'un cylindre en cuivre C (fig. 9) pouvant contenir 5 litres d'eau environ. Il est fermé par un couvercle percé de plusieurs ouvertures circulaires, dans lesquelles passent et sont maintenus à l'aide de bouchons les instruments suivants : un bon thermomètre T dont l'échelle a été vérifiée, les dilatomètres D et le régulateur Chancel R . Un agitateur circulaire A , que l'on voit en projection dans la fig. 10, et qui peut être animé d'un mouvement alternatif de bas en haut et de haut en bas permet de bien mélanger les couches liquides et de maintenir uniforme leur température. D'ailleurs, afin d'éviter les refroidissements extérieurs, le cylindre C est enfermé dans un vase plus grand B , d'une douzaine de litres de capacité analogue à celui qui a permis d'obtenir les solutions saturées et qui a été décrit dans la première partie de ce travail.

Veut-on faire une expérience à une température déterminée ? les deux cylindres étant pleins d'eau et les divers appareils mis en place, on chauffe directement le fond du cylindre extérieur

avec un bec de Bunsen, jusqu'à ce que l'eau du vase intérieur C ait atteint une température de 4 ou 5 degrés inférieure à celle de l'observation; on diminue alors la flamme, le thermomètre continue à monter encore pendant quelque temps; quand il a atteint le point auquel on veut s'arrêter, on fait mouvoir la vis régulatrice de l'appareil Chancel, et après quelques tâtonnements on arrive à régler l'accès du gaz, de telle sorte que la chaleur reçue est égale à celle perdue par rayonnement. La température se maintient alors constante, et on peut faire la lecture des volumes.

La densité est donnée par la formule :

$$Dt = \frac{P}{V_0(1 + Kt) + nv}$$

dans laquelle P représente le poids de la solution, $V_0(1 + Kt)$, le volume du réservoir à t° , V_0 étant le volume à 0° ; K, le coefficient moyen de dilatation cubique du verre de 0 à t° , et n le nombre de divisions de la tige occupées par le liquide. C'est la formule qu'a employée M. Rossetti¹ pour déterminer le maximum de densité de l'eau distillée.

Remarques. — La température étant constante, le niveau du liquide dans la tige doit être invariable depuis cinq minutes au moins pour qu'on puisse noter le point d'affleurement.

Lorsque les déterminations relatives à une dissolution sont terminées, on lave le dilatomètre à plusieurs reprises avec de l'eau distillée chaude, puis on le porte dans une étuve de Regnault servant à vérifier le point 100 des thermomètres, et on fait arriver au fond de l'appareil, par l'intermédiaire d'un long tube en verre effilé, un fort courant d'air qui enlève rapidement toute trace d'humidité.

Avant de commencer l'étude d'une nouvelle dissolution, il est bon de refaire la tare de l'instrument.

¹ Ann. phys. et chimie, 4^e série, tom. X, pag. 466.

DEUXIÈME PARTIE

RÉSULTATS NUMÉRIQUES

Dans les déterminations faites à saturation, j'ai indiqué, pour chaque température, le poids de solution qui a servi au dosage et la quantité de sel anhydre correspondante.

A la fin des expériences relatives à un même sel, j'ai réuni dans un tableau les coefficients de solubilité et les densités aux diverses températures. Les coefficients de solubilité sont représentés par la lettre C, les densités par la lettre D.

Pour les solutions étendues, il m'a paru intéressant de rechercher comment varient, non seulement les densités, mais encore le volume des dissolutions avec la température : la dilatation se fait-elle régulièrement, proportionnellement à la température, autrement dit le coefficient de dilatation est-il constant ?

Afin de comparer entre eux les volumes successifs occupés par un même poids de dissolution, je les ai tous rapportés au volume observé à 0° pris pour unité. Or, si l'on appelle V_0 le volume à 0°; V le volume à une température quelconque t , et δ la variation qu'éprouve chaque unité de volume en passant de 0 à t , on aura $\frac{V - V_0}{V_0} = \delta$, d'où l'on tire : $V = V_0 (1 + \delta)$, et puisque $V_0 = 1$

$$V = 1 + \delta \text{ ou } V - 1 = \delta.$$

δ , coefficient moyen de dilatation de la liqueur entre les limites 0 et t de température, est une fonction inconnue de la température, mais dans des limites peu étendues, comme celles de nos observations, on peut admettre que le rapport de δ à t est constant et poser $\delta = \alpha t$;

On a alors : $V = 1 + \alpha t$ ou $V - 1 = \alpha t$ et $\frac{V - 1}{t} = \alpha$; α est le coefficient de la dilatation du liquide entre les deux températures considérées; c'est la quantité dont s'accroît l'unité de volume du corps quand la température s'élève de 1° .

$\frac{V - 1}{t} = \alpha$ représente le coefficient de dilatation entre 0° et la première température des observations. Pour avoir la valeur de ce coefficient entre deux autres températures quelconques, 15 et 29° par exemple, on retranche le volume relatif à 15° du volume relatif à 29° , et on divise la différence obtenue par la différence de température, c'est-à-dire par 14° .

Ainsi donc, en rapportant tous les volumes au volume observé à 0 pris pour unité, on obtient très simplement les deux coefficients de dilatation du liquide.

Dans l'égalité précédente : $V - 1 = \alpha t$, le premier membre sera proportionnel à t si α est constant; si α croît ou diminue avec la température, le volume croît ou diminue plus vite que la température, et la diminution de densité n'est pas proportionnelle à l'accroissement de température.

Les résultats des expériences et des calculs sont inscrits dans une suite de tableaux. Dans chacun de ces tableaux, P désigne le poids de la solution introduite dans le dilatomètre, T les températures des observations, V les volumes correspondants à ces températures, v les volumes relatifs, c'est-à-dire rapportés au volume à 0 pris pour unité, D les densités rapportées à celles de l'eau à 4° et α les coefficients de dilatation.

Nous ne donnons pas les valeurs de δ parce qu'elles sont sans importance pour les conclusions. On peut les obtenir du reste immédiatement en retranchant des volumes relatifs une unité ou le volume à 0° . Ainsi, le volume à 0° d'une solution à 25 % de tartrate neutre de soude étant représenté par 1,00000, le volume relatif à 15° est 1,00550; si on retranche de ce nombre

une unité, on a comme reste le nombre 0,00550 qui représente l'accroissement qu'éprouve chaque unité de volume en passant de 0 à 15°.

Avant d'entrer dans le détail des expériences, je rappelle que les nombres qui représentent les coefficients de solubilité, et ceux qui indiquent les titres des dissolutions, expriment toujours les quantités de sel anhydre contenues dans 100 grammes de solution.

ÉMÉTIQUE $C^4H^4O^6(SbO)K + 1/2 H^2O$

L'analyse du sel a été faite en dosant l'antimoine à l'état de sulfure.

Quantité de sel mise en expérience : 1 gram.

Poids du sulfure obtenu : 0^{gr},5197.

Théoriquement, 1 gram. d'émétique anhydre donnerait 0^{gr},520 de sulfure d'antimoine ; la quantité obtenue différant seulement de 0^{gr},0003, le sel peut être considéré comme anhydre.

SOLUTIONS SATURÉES. — DOSAGE PAR ÉVAPORATION.

Temp. 0°. — Poids de la solution saturée servant au dosage : 22 grammes.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},6930.

Temp. 14°. — Poids de la solution saturée servant au dosage : 8^{gr},05.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},5354.

Temp. 26°. — Poids de la solution saturée servant au dosage : 3^{gr},04.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},2949.

Temp. 40°. — Poids de la solution saturée servant au dosage : 2^{gr},80.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},3699.

Temp. 50°. — Poids de la solution saturée servant au dosage : 2^{gr},12.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},3319.

T	C	D
0°	3 ^{er} ,15	1.02042
14°	6 ^{er} ,65	1.03813
26°	9 ^{er} ,70	1.05201
40°	13 ^{er} ,21	1.06911
50°	15 ^{er} ,65	1.08000

SOLUTIONS DILUÉES

SOLUTION A 5 %/. — Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{er},675.

P	T	V	v	D	α
		cc			
4 ^{er} ,675	0°	4.51964	1.00000	1.03437	
	16	4.52595	1.00139	1.03293	0.0000868
	31	4.54311	1.00519	1.02903	0.0002533
	42	4.56198	1.00936	1.02477	0.0003791
	53	4.58524	1.01451	1.01957	0.0004681
	60	4.60217	1.01826	1.01582	0.0005387

SOLUTION A 4 %/. — Poids de la dissolution introduit dans le dilatomètre : 4^{er},745.

P	T	V	v	D	α
		cc			
4 ^{er} ,745	0°	4.62400	1.00000	1.02616	
	16	4.62942	1.00117	1.02499	0.0000731
	31	4.64721	1.00501	1.02104	0.0002560
	42	4.66678	1.00925	1.01677	0.0003854
	53	4.69090	1.01448	1.01153	0.0004754
	60	4.70846	1.01826	1.00776	0.0005400

SOLUTION A 3 %/. — Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{er},730.

P	T	V	v	D	α
		cc			
4 ^{er} ,730	0°	4.64395	1.00000	1.01852	
	15	4.64807	1.00088	1.01762	0.0000586
	29	4.66450	1.00442	1.01404	0.0002528
	42	4.68612	1.00908	1.00936	0.0003584
	53	4.70910	1.01402	1.00443	0.0004491
	60	4.72723	1.01793	1.00058	0.0005585

SOLUTION A 2 %. — Poids de dissolution introduit dans le dilatomètre : 4^{gr},585.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,585	0°	4.53169	1.00000	1.01176	
	15	4.53624	1.00100	1.01074	0.0000666
	29	4.55000	1.00404	1.00769	0.0002166
	42	4.57075	1.00861	1.00311	0.0003515
	53	4.59290	1.01350	0.99828	0.0004445
	60	4.61149	1.01760	0.99425	0.0005857

SOLUTION A 1 %. — Poids de dissolution introduit dans le dilatomètre : 4^{gr},550.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,550	0°	4.52950	1.00000	1.00452	
	13	4.53326	1.00083	1.00369	0.0000638
	23	4.54269	1.00291	1.00162	0.0002080
	40	4.56522	1.00788	0.99666	0.0002923
	53	4.59182	1.01375	0.99089	0.0004515
	60	4.61018	1.01781	0.98694	0.0005800

SOLUTION A 0,50 %. — Poids de dissolution introduit dans le dilatomètre : 4^{gr},543.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,543	0°	4.54156	1.00000	1.00031	
	15	4.54665	1.00112	0.99919	0.0000746
	29	4.56041	1.00415	0.99618	0.0002164
	42	4.58061	1.00859	0.99178	0.0003715
	53	4.60160	1.01322	0.98726	0.0004209
	60	4.61916	1.01708	0.98351	0.0005514

BI-TARTRATE DE SOUDE C⁴H⁴O⁶Na + H²O

Analyse du sel faite en dosant l'alcali à l'état de sulfate.

Quantité de sel mise en expérience. . . .	0 ^{gr} ,30
Poids du sulfate obtenu.	0 ^{gr} ,115
Quantité de sel anhydre correspondante. . .	0 ^{gr} ,278
Quantité de sel anhydre pour % de sel. . .	92 ^{gr} ,66

Le bi-tartrate de soude, représenté par la formule ci-dessus, ne devant contenir que 90^{gr},53 % de sel anhydre, il s'ensuit que le produit que nous avons purifié et desséché a perdu à l'étuve une partie de son eau de cristallisation.

SOLUTIONS SATURÉES. — MÊME MODE DE DOSAGE QUE POUR
L'ANALYSE DU SEL.

Temp. 0°. — Poids de la solution saturée qui a servi au dosage : 5 grammes.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},1595

Temp. 14°. — Poids de la solution saturée qui a servi au dosage : 3^{gr},98.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},2858

Temp. 26°. — Poids de la solution saturée qui a servi au dosage : 2^{gr},70.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},2850

Temp. 40°. — Poids de la solution qui a servi au dosage : 2^{gr},36.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},3427

Temp. 50°. — Poids de la solution qui a servi au dosage : 2^{gr},25.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},3912

T	C	D
0°	3 ^{gr} ,19	1.01887
14°	7 ^{gr} ,18	1.03427
26°	10 ^{gr} ,55	1.04696
40°	14 ^{gr} ,52	1.06421
50°	17 ^{gr} ,38	1.07704

SOLUTIONS DILUÉES

SOLUTION A 5 %. — (100 gram. de solution contiennent 5^{gr},39 du sel que nous avons purifié, correspondant à 5 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},670.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.52347	1.00000	1.03239	
4 ^{gr} ,670	15	4.53186	1.00185	1.03048	0.0001233
	29	4.54945	1.00574	1.02649	0.0002778
	42	4.57239	1.01081	1.02134	0.0003900
	53	4.59450	1.01570	1.01643	0.0004536
	60	4.61339	1.01987	1.01227	0.0005957

SOLUTION A 4 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 4^{gr},31 du sel que nous avons purifié, correspondant à 4 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},735.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.62233	1.00000	1.02437	
4 ^{gr} ,735	15	4.63214	1.00212	1.02220	0.0001413
	29	4.65094	1.00618	1.01828	0.0002900
	42	4.67360	1.01109	1.01313	0.0003776
	53	4.69716	1.01618	1.00805	0.0004627
	60	4.71529	1.02011	1.00418	0.0005614

SOLUTION A 3 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 3^{gr},23 du sel que nous avons purifié, correspondant à 3 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},610.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.53060	1.00000	1.01752	
4 ^{gr} ,610	15	4.53789	1.00160	1.01589	0.0001066
	29	4.55438	1.00524	1.01221	0.0002600
	42	4.57568	1.00995	1.00750	0.0003623
	53	4.59839	1.01496	1.00252	0.0004554
	60	4.61532	1.01869	0.99884	0.0005328

SOLUTION A 2 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 2^{gr},15 du sel que nous avons purifié, correspondant à 2 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},695.

P	T	V cc	v	D	α
4 ^{gr} , 695	0°	4.63883	1.00000	1.01210	
	15	4.64637	1.00162	1.01046	0.0001080
	29	4.66175	1.00494	1.00713	0.0002371
	42	4.68555	1.01007	1.00201	0.0003946
	53	4.70854	1.01502	0.99712	0.0004500
	60	4.72667	1.01893	0.99329	0.0005585

SOLUTION A 1 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 1^{gr},07 du sel que nous avons purifié, correspondant à 1 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},540.

P	T	V cc	v	D	α
4 ^{gr} , 540	0°	4.51525	1.00000	1.00548	
	15	4.52035	1.00112	1.00434	0.0000746
	29	4.53520	1.00441	1.00105	0.0002350
	42	4.55486	1.00877	0.99673	0.0003353
	53	4.57812	1.01392	0.99167	0.0004681
	60	4.59450	1.01755	0.98813	0.0005185

SOLUTION A 0^{gr},50 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 0^{gr},53 du sel que nous avons purifié, correspondant à 0^{gr},50 de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},640.

P	T	V cc	v	D	α
4 ^{gr} , 640	0°	4.63828	1.00000	1.00037	
	15	4.64238	1.00088	0.99948	0.0000586
	29	4.65834	1.00432	0.99606	0.0002457
	42	4.68100	1.00921	0.99124	0.0003761
	53	4.70341	1.01404	0.98651	0.0004391
	60	4.72098	1.01783	0.98284	0.0005414

TARTRATE NEUTRE DE SODIUM $C^4H^4O^6Na^2 + 2H^2O$

L'analyse du sel est faite en dosant l'alcali à l'état de sulfate.

Quantité de sel mise en expérience.....	0 ^{gr} ,25
Poids du sulfate obtenu.....	0 ^{gr} ,155
Quantité de sel anhydre correspondante.	0 ^{gr} ,211
Quantité de sel anhydre pour % de sel.	84 ^{gr} ,40

Le produit analysé correspond sensiblement pour la composition à la formule ci-dessus.

SOLUTIONS SATURÉES: — MÊME MODE DE DOSAGE QUE POUR
L'ANALYSE DU SEL.

Temp. 0°. — Poids de la solution saturée ayant servi au dosage : 3^{gr},582.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},7075

Temp. 14°. — Poids de la solution saturée ayant servi au dosage : 3^{gr},035.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},7920

Temp. 26°. — Poids de la solution saturée ayant servi au dosage : 0^{gr},595.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},1874

Temp. 40°. — Poids de la solution saturée ayant servi au dosage : 0^{gr},392.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},1480

Temp. 50°. — Poids de la solution saturée ayant servi au dosage : 0^{gr},645.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},2726

T	C	D
0°	19 ^{gr} ,75	1.15903
14°	26 ^{gr} ,09	1.20696
26°	31 ^{gr} ,48	1.24664
40°	37 ^{gr} ,75	1.29175
50°	42 ^{gr} ,26	1.32447

SOLUTIONS DILUÉES

SOLUTION A 25 %. — (100 gram. de solution contiennent 29^{gr},62 du sel que nous avons purifié, correspondant à 25 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 5^{gr},440.

P	T	V	v	D	α
		cc			
5 ^{gr} ,440	0°	4.51196	1.00000	1.20568	
	15	4.53679	1.00550	1.19908	0.0003666
	29	4.56370	1.01146	1.19201	0.0004257
	42	4.59102	1.01752	1.18492	0.0004661
	53	4.61700	1.02328	1.17825	0.0005236
	60	4.63450	1.02715	1.17380	0.0005528

SOLUTION A 20 %. — (100 gram. de solution contiennent 23^{gr},69 du sel que nous avons purifié, correspondant à 20 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 5^{gr},240.

P	T	V	v	D	α
		cc			
5 ^{gr} ,240	0°	4.51251	1.00000	1.16121	
	15	4.53569	1.00513	1.15528	0.0003420
	29	4.56096	1.01073	1.14888	0.0004000
	42	4.58828	1.01679	1.14204	0.0004661
	53	4.61319	1.02231	1.13587	0.0005018
	60	4.63505	1.02715	1.13051	0.0006914

SOLUTION A 15 %. — (100 gram. de solution contiennent 17^{gr},77 du sel que nous avons purifié, correspondant à 15 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 5^{gr},060.

P	T	V	v	D	α
		cc			
5 ^{gr} ,060	0°	4.53169	1.00000	1.11658	
	15	4.54994	1.00402	1.11210	0.0002680
	29	4.57466	1.00948	1.10609	0.0003900
	42	4.60034	1.01514	1.09991	0.0004353
	53	4.62579	1.02076	1.09386	0.0005109
	60	4.64492	1.02498	1.08936	0.0006028

SOLUTION A 10 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 11^{gr},84 du sel que nous avons purifié, correspondant à 10 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},890.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,890	0°	4.54156	1.00000	1.07672	
	15	4.55816	1.00365	1.07280	0.0002433
	29	4.57904	1.00825	1.06790	0.0003285
	42	4.60472	1.01390	1.06195	0.0004346
	53	4.62850	1.01914	1.05649	0.0004763
	60	4.64492	1.02275	1.05276	6.0005157

SOLUTION A 5 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 5^{gr},92 du sel que nous avons purifié, correspondant à 5 gram. de sel anhydre). — Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},690.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,690	0°	4.52950	1.00000	1.03541	
	15	4.54117	1.00257	1.03277	0.0001713
	29	4.56041	1.00682	1.02841	0.0003035
	42	4.58335	1.01188	1.02326	0.0003876
	53	4.60552	1.01678	1.01834	0.0004454
	60	4.62135	1.02027	1.01485	0.0004985

SOLUTION A 4 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 4^{gr},74 du sel que nous avons purifié, correspondant à 4 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},750.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,750	0°	4.61664	1.00000	1.02888	
	15	4.62702	1.00224	1.02657	0.0001493
	29	4.64525	1.00619	1.02254	0.0002821
	42	4.66848	1.01122	1.01746	0.0003869
	53	4.69317	1.01657	1.01210	0.0004863
	60	4.71016	1.02025	1.00845	0.0005257

SOLUTION A 3 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 3^{gr},554

du sel que nous avons purifié, correspondant à 3 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},725.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.62745	1.00000	1.02108	
4 ^{gr} ,725	15	4.63612	1.00187	1.01917	0.0001246
	29	4.65436	1.00581	1.01517	0.0002814
	42	4.67759	1.01083	1.01013	0.0003846
	53	4.70171	1.01604	1.00495	0.0004736
	60	4.71927	1.01984	1.00121	0.0005427

SOLUTION A 2 %.—(100 gram. de solution contiennent 2^{gr},369 du sel que nous avons purifié, correspondant à 2 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},695.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.63427	1.00000	1.01310	
4 ^{gr} ,695	15	4.64181	1.00162	1.01145	0.0001080
	29	4.65948	1.00543	1.00762	0.0002721
	42	4.68271	1.01045	1.00262	0.0003861
	53	4.70740	1.01578	0.99736	0.0004845
	60	4.72382	1.01932	0.99389	0.0005057

SOLUTION A 1 %.—(100 gram. de solution contiennent 1^{gr},184 du sel que nous avons purifié, correspondant à 1 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},665.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.63029	1.00000	1.00749	
4 ^{gr} ,665	15	4.63556	1.00113	1.00635	0.0000753
	29	4.65265	1.00482	1.00265	0.0002635
	42	4.67531	1.00972	0.99779	0.0003769
	53	4.70000	1.01505	0.99255	0.0004845
	60	4.71585	1.01847	0.98921	0.0004885

SOLUTION A 0^{gr},50 %.—(100 gram. de solution contiennent 0^{gr},592 du sel que nous avons purifié, correspondant à 0^{gr},50 de

sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilato-
mètre était de 4^{gr},640.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.63086	1.00000	1.00197	
4 ^{gr} ,640	15	4.63556	1.00101	1.00095	0.0000673
	29	4.65265	1.00470	0.99728	0.0002635
	42	4.67417	1.00935	0.99268	0.0003576
	53	4.69659	1.01419	0.98795	0.0004400
	60	4.71415	1.01798	0.98427	0.0005414

**TARTRATE DE SODIUM ET DE POTASSIUM. — SEL DE
SEIGNETTE $C^4H^4O^6NaK + 4H^2O$**

L'analyse du sel a été faite en dosant les alcalis à l'état de
sulfates.

Quantité de sel mise en expérience..... 0^{gr},250

Poids des sulfates obtenus..... 0^{gr},140

Quantité de sel anhydre correspondante 0^{gr},186

Quantité de sel anhydre pour % de produit. 74^{gr},40

Cette composition centésimale représente sensiblement le sel à
4 molécules d'eau donné par la formule.

**SOLUTIONS SATURÉES. — (MÊME MODE DE DOSAGE QUE POUR
L'ANALYSE DU SEL).**

Temp. 0°. — Poids de la solution saturée qui a servi au
dosage : 5^{gr},65.

Quantité de sel anhydre correspondante. 1^{gr},262

Temp. 14°. — Poids de la solution saturée qui a servi au
dosage : 2^{gr},49.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},8805

Temp. 26°. — Poids de la solution saturée ayant servi au
dosage : 0^{gr},798.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},3739

Temp. 40°. — Poids de la solution saturée ayant servi au dosage : 0^{gr},420.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},2517

Temp. 50°. — Poids de la solution saturée ayant servi au dosage : 0^{gr},282.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},1955

T	C	D
0°	22 ^{gr} ,33	1.17384
14°	35 ^{gr} ,36	1.26431
26°	46 ^{gr} ,85	1.34187
40°	59 ^{gr} ,93	1.43257
50°	69 ^{gr} ,32	1.49683

SOLUTIONS DILUÉES

SOLUTION A 25 %. — (100 gram. de solution contiennent 33^{gr},60 du sel que nous avons purifié, correspondant à 25 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 5^{gr},400.

P	T	V	v	D	α
	0°	cc 4.51470	1.00000	1.19609	
5 ^{gr} ,400	15	4.53843	1.00525	1.18983	0.0003500
	29	4.56534	1.01121	1.18282	0.0004257
	42	4.59102	1.01690	1.17620	0.0004376
	53	4.61483	1.02217	1.17014	0.0004791
	60	4.63122	1.02580	1.16599	0.0005185

SOLUTION A 20 %. — (100 gram. de solution contiennent 26^{gr},88 du sel que nous avons purifié, correspondant à 20 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 5^{gr},205.

P	T	V	v	D	α
	0°	cc 4.50977	1.00000	1.15418	
5 ^{gr} ,205	15	4.53076	1.00465	1.14881	0.0003100
	29	4.55493	1.01001	1.14271	0.0003828
	42	4.57952	1.01546	1.13658	0.0004192
	53	4.60332	1.02074	1.13070	0.0004800
	60	4.62135	1.02474	1.12629	0.0005714

SOLUTION A 15 %. — (100 gram. de solution contiennent 20^{gr},16 du sel que nous avons purifié, correspondant à 15 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 5^{gr},040.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
5 ^{gr} ,040	0°	4.53388	1.00000	1.11160	
	15	4.55213	1.00402	1.10717	0.0002680
	29	4.57466	1.00899	1.10172	0.0003550
	42	4.59924	1.01441	1.09583	0.0004169
	53	4.62360	1.01978	1.09000	0.0004881
	60	4.64053	1.02352	1.08608	0.0005342

SOLUTION A 10 %. — (100 gram. de solution contiennent 13^{gr},44 du sel que nous avons purifié, correspondant à 10 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},870.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,870	0°	4.53772	1.00000	1.07322	
	15	4.55213	1.00317	1.06982	0.0002113
	29	4.57247	1.00765	1.06506	0.0003200
	42	4.59596	1.01283	1.05962	0.0003984
	53	4.61922	1.01796	1.05429	0.0004663
	60	4.63615	1.02169	1.05044	0.0005328

SOLUTION A 5 %. — (100 gram. de solution contiennent 6^{gr},72 du sel que nous avons purifié, correspondant à 5 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},725.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,725	0°	4.55635	1.00000	1.03701	
	15	4.56583	1.00208	1.03486	0.0001386
	29	4.58343	1.00594	1.03088	0.0002757
	42	4.60637	1.01097	1.02575	0.0003869
	53	4.62908	1.01596	1.02072	0.0004536
	60	4.64601	1.01967	1.01700	0.0005300

SOLUTION A 4 %. — (100 gram. de solution contiennent 5^{gr},376

du sel que nous avons purifié, correspondant à 4 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},750.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.62233	1.00000	1.02769	
4 ^{gr} ,750	15	4.63271	1.00224	1.02531	0.0001493
	29	4.65094	1.00618	1.02129	0.0002814
	42	4.67363	1.01109	1.01634	0.0003776
	53	4.69772	1.01630	1.01112	0.0004736
	60	4.71415	1.01986	1.00760	0.0005087

SOLUTION A 3 ‰.— (100 gram. de solution contiennent 4^{gr},032 du sel que nous avons purifié, correspondant à 3 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},755.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.65760	1.00000	1.02091	
4 ^{gr} ,755	15	4.66571	1.00174	1.01913	0.0001160
	29	4.68281	1.00541	1.01541	0.0002621
	42	4.70661	1.01052	1.01028	0.0003930
	53	4.73073	1.01570	1.00513	0.0004709
	60	4.74886	1.01959	1.00129	0.0005557

SOLUTION A 2 ‰.— (100 gram. de solution contiennent 2^{gr},688 du sel que nous avons purifié, correspondant à 2 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},735.

P	T	V	v	D	α
	0°	^{cc} 4.66785	1.00000	1.01438	
4 ^{gr} ,735	15	4.67482	1.00149	1.01287	0.0000993
	29	4.69134	1.00503	1.00930	0.0002531
	42	4.71287	1.00964	1.00469	0.0003546
	53	4.73699	1.01481	0.99956	0.0004700
	60	4.75512	1.01871	0.99576	0.0005571

SOLUTION A 1 ‰.— (100 gram. de solution contiennent 1^{gr},344 du sel que nous avons purifié, correspondant à 1 gram. de sel

anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},670.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,670	0°	4.62972	1.00000	1.00870	
	15	4.63556	1.00126	1.00742	0.0000840
	29	4.65208	1.00482	1.00385	0.0002542
	42	4.67832	1.01049	0.99822	0.0004361
	53	4.69716	1.01456	0.99421	0.0004627
	60	4.71529	1.01848	0.99039	0.0005600

SOLUTION A 0^{gr},50 %. — (100 gram. de solution contiennent 0^{gr},672 du sel que nous avons purifié, correspondant à 0^{gr},50 de sel *anhydre*). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},640.

P	T	V ^{cc}	v	D	α
4 ^{gr} ,640	0°	4.63143	1.00000	1.00185	
	15	4.63612	1.00101	1.00083	0.0000673
	29	4.65151	1.00433	0.99752	0.0002371
	42	4.67304	1.00898	0.99292	0.0003576
	53	4.69659	1.01406	0.98795	0.0004618
	60	4.71415	1.01786	0.98427	0.0005428

TARTRATE NEUTRE DE POTASSIUM $C^4H^4O^6K^2 + 1/2 H^2O$

L'analyse du sel est faite en dosant l'alcali à l'état de sulfate.

Quantité de sel mise en expérience.....	0 ^{gr} ,20
Poids du sulfate obtenu.....	0 ^{gr} ,149
Quantité de sel anhydre correspondante...	0 ^{gr} ,193
Quantité de sel anhydre pour % de produit.	96 ^{gr} ,50

Le tartrate analysé contient 0^{gr},33 % de plus de sel anhydre que celui représenté par la formule ; pendant la dessiccation à l'étuve, une faible partie de l'eau de cristallisation a disparu.

SOLUTIONS SATURÉES. — MÊME MODE DE DOSAGE QUE POUR L'ANALYSE DU SEL.

Temp. 0°. — Poids de la solution saturée ayant servi au dosage : 1^{gr},34.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},7023

Temp. 14°. — Poids de la solution saturée ayant servi au dosage : 0^{gr},435.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},2468

Temp. 26°. — Poids de la solution saturée qui a servi au dosage : 0^{gr},470.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},2841

Temp. 40°. — Poids de la solution saturée qui a servi au dosage : 0^{gr},380.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},2463

Temp. 50°. — Poids de la solution qui a servi au dosage : 0^{gr},490.

Quantité de sel anhydre correspondante. 0^{gr},3327

T	C	D
0°	52 ^{gr} ,41	1.38384
14°	56 ^{gr} ,73	1.41075
26°	60 ^{gr} ,45	1.43269
40°	64 ^{gr} ,82	1.45825
50°	67 ^{gr} ,89	1.47635

SOLUTIONS DILUÉES

SOLUTION A 25 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 25^{gr},90 du sel que nous avons purifié, correspondant à 25 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 5^{gr},355.

P	T	V	v	D	α
5 ^{gr} ,355	0°	4 ^{cc} 52457	1.00000	1.18353	
	15	4.54665	1.00488	1.17779	0.0003253
	29	4.57027	1.01010	1.17170	0.0003728
	42	4.59486	1.01553	1.16543	0.0004176
	53	4.61867	1.02079	1.15942	0.0004781
	60	4.63505	1.02441	1.15532	0.0005171

SOLUTION A 20 ‰. — (100 gram. de solution contiennent 20^{gr},72 du sel que nous avons purifié, correspondant à 20 gram.

de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilato-
mètre était de 5^{gr},210.

P	T	V	v	D	α
5 ^{gr} ,210	0°	^{cc} 4.54375	1.00000	1.14662	
	15	4.56145	1.00389	1.14218	0.0002593
	29	4.58562	1.00921	1.13616	0.0003800
	42	4.61130	1.01486	1.12983	0.0004346
	53	4.63511	1.02010	1.12402	0.0004763
	60	4.65149	1.02371	1.12007	0.0005157

SOLUTION A 15 ‰. — (100 gram. de solution contiennent
15^{gr},54 du sel que nous avons purifié, correspondant à 15 gram.
de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilato-
mètre était de 5^{gr},020.

P	T	V	v	D	α
5 ^{gr} ,020	0°	^{cc} 4.53662	1.00000	1.10655	
	15	4.55378	1.00378	1.10238	0.0002520
	29	4.57521	1.00850	1.09721	0.0003371
	42	4.60089	1.01416	1.09109	0.0004353
	53	4.62415	1.01929	1.08560	0.0004663
	60	4.64108	1.02302	1.08164	0.0005328

SOLUTION A 10 ‰. — (100 gram. de solution contiennent
10^{gr},36 du sel que nous avons purifié, correspondant à 10 gram.
de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dila-
tomètre était de 4^{gr},855.

P	T	V	v	D	α
4 ^{gr} ,855	0°	^{cc} 4.53717	1.00000	1.07005	
	15	4.55049	1.00293	1.06691	0.0001953
	29	4.57027	1.00729	1.06230	0.0003114
	42	4.59376	1.01247	1.05686	0.0003984
	53	4.61648	1.01748	1.05166	0.0004557
	60	4.63122	1.02072	1.04831	0.0004628

SOLUTION A 5 ‰. — (100 gram. de solution contiennent
5^{gr},18 du sel que nous avons purifié, correspondant à 5 gram.

de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},680.

P	T	V cc	v	D	α
4 ^{gr} ,680	0°	4.52950	1.00000	1.03322	
	15	4.53843	1.00197	1.03119	0.0001313
	29	4.55548	1.00573	1.02733	0.0002685
	42	4.57897	1.01092	1.02206	0.0003992
	53	4.60004	1.01557	1.01738	0.0004227
	60	4.61697	1.01931	1.01365	0.0005342

SOLUTION A 4 %. — (100 gram. de solution contiennent 4^{gr},14 du sel que nous avons purifié, correspondant à 4 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},730.

P	T	V cc	v	D	α
4 ^{gr} ,730	0°	4.61493	1.00000	1.02493	
	15	4.62304	1.00175	1.02313	0.0001166
	29	4.63634	1.00463	1.02020	0.0002057
	42	4.66279	1.01037	1.01441	0.0003592
	53	4.68270	1.01468	1.01010	0.0003918
	60	4.70391	1.01928	1.00554	0.0005442

SOLUTION A 3 %. — (100 gram. de solution contiennent 3^{gr},108 du sel que nous avons purifié, correspondant à 3 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},740.

P	T	V cc	v	D	α
4 ^{gr} ,740	0°	4.64850	1.00000	1.01968	
	15	4.65604	1.00162	1.01803	0.0001080
	29	4.67258	1.00518	1.01443	0.0002542
	42	4.69523	1.01005	1.00953	0.0003746
	53	4.71878	1.01511	1.00449	0.0004600
	60	4.73691	1.01901	1.00065	0.0005571

SOLUTION A 2 %. — (100 gram. de solution contiennent 2^{gr},072 du sel que nous avons purifié, correspondant à 2 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr},695.

P	T	V	v	D	α
		cc			
4 ^{gr} , 695	0°	4.63143	1.00000	1.01372	
	15	4.63783	1.00138	1.01232	0.0000920
	29	4.65379	1.00482	1.00885	0.0002457
	42	4.67702	1.00984	1.00384	0.0003861
	53	4.70114	1.01505	0.99869	0.0004736
	60	4.71870	1.01884	0.99497	0.0005414

SOLUTION A 1 %. — (100 gram. de solution contiennent 1^{gr}, 036 du sel que nous avons purifié, correspondant à 1 gram. de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr}, 675.

P	T	V	v	D	α
		cc			
4 ^{gr} , 675	0°	4.63940	1.00000	1.00767	
	15	4.64523	1.00125	1.00640	0.0000833
	29	4.66061	1.00457	1.00308	0.0002371
	42	4.68271	1.00933	0.99835	0.0003661
	53	4.70626	1.01441	0.99336	0.0004618
	60	4.72154	1.01770	0.99014	0.0004700

SOLUTION A 0^{gr}, 50 %. — (100 gram. de solution contiennent 0^{gr}, 518 du sel que nous avons purifié, correspondant à 0^{gr}, 50 de sel anhydre). Le poids de dissolution introduit dans le dilatomètre était de 4^{gr}, 660.

P	T	V	v	D	α
		cc			
4 ^{gr} , 660	0°	4.64281	1.00000	1.00370	
	15	4.64750	1.00101	1.00268	0.0000673
	29	4.66232	1.00420	0.99950	0.0002278
	42	4.68498	1.00908	0.99466	0.0003753
	53	4.70797	1.01403	0.98981	0.0004500
	60	4.72553	1.01781	0.98613	0.0005400

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS. — CONSTRUCTION DES COURBES

Un liquide, avons-nous dit, ne peut dissoudre, à une température donnée, qu'une quantité limitée d'un sel ; mais, à mesure que la température s'élève, cette quantité varie ; elle augmente en général pour la plupart des corps, et diminue pour quelques-uns seulement. Ainsi, les hydrates, sucrates, butyrates et citrates de chaux sont plus solubles à froid qu'à chaud.

La densité d'une dissolution dépend de deux facteurs : la quantité de sel dissoute et la température. Lorsqu'un sel se dissout dans l'eau, on observe généralement une contraction ; le volume de la dissolution est presque toujours plus faible que celui des composants ; il en résulte qu'à volume égal une solution doit peser davantage que l'eau pure, et que sa densité doit être d'autant plus grande que la dissolution est plus concentrée. C'est sur ce fait qu'on a basé la construction des densimètres pour les liquides plus denses que l'eau.

Pour se rendre compte aisément de la manière dont varient la solubilité des sels et la densité des dissolutions avec la température, il est très commode d'avoir recours à une construction géométrique. On prend pour abscisses les températures, pour ordonnées les quantités de sel dissoutes ou les densités, ou inversement, et en joignant les intersections des perpendiculaires abaissées des points qui se correspondent sur l'axe des X et sur l'axe des Y, on peut construire des courbes qui, en groupant les résultats, donnent une vue d'ensemble du sens et des lois du phénomène, en font connaître les anomalies, et permettent de calculer les solubilités et les densités à toutes les températures intermédiaires.

Généralement la jonction des points ainsi déterminés ne donne pas une ligne bien régulière, et l'on est obligé, si on veut avoir un tracé parfaitement continu, de prendre une position moyenne ainsi que l'a fait Régnault, c'est-à-dire de passer tantôt un peu au-dessus, tantôt un peu au-dessous des points trouvés expérimentalement. On corrige de la sorte les erreurs d'observation. Il suffit maintenant de mesurer une ordonnée ou une abscisse quelconque pour avoir la valeur que l'on cherche à la température correspondante.

Gay-Lussac et bien d'autres expérimentateurs ont construit ainsi les courbes de solubilité d'un certain nombre de sels. Les lignes qu'ils ont obtenues montrent que, pour chaque corps, la solubilité varie suivant une loi spéciale. En général, la courbe s'éloigne de plus en plus de l'axe des X, la solubilité croît avec la température, c'est-à-dire qu'elle se modifie dans le même sens que la tension de vapeur. Pour certains corps, la loi de progression régulière de la courbe est modifiée en divers points. L'existence de ces *points singuliers* coïncide avec un changement brusque dans la constitution chimique du composé. Enfin, quand la solubilité d'un sel est proportionnelle à la température, elle est représentée par une droite plus ou moins inclinée sur l'axe des X.

J'ai opéré de la même façon pour tracer les lignes de solubilité; ces lignes ont été réunies sur une même feuille, afin de bien faire ressortir la différence d'allure qui existait entre elles; de plus, pour chaque tartrate, elles ont été portées séparément sur la planche spéciale aux solutions étendues; aux intersections des perpendiculaires abaissées de l'axe des X et des Y, j'ai inscrit les densités correspondantes.

Quant aux courbes représentant les variations de densité avec la température, elles n'ont pas été obtenues comme il vient d'être dit. Afin de les rapprocher des lignes donnant les densités à saturation, et pour avoir les densités de dissolutions croissant

régulièrement, 6, 7, 8 %, etc., autres que celles étudiées à toutes les températures comprises entre les limites des expériences, j'ai dressé pour chaque sel des courbes d'égale densité, différant entre elles de 0,0050 pour les tartrates peu solubles et de 0,0100 pour ceux dont la solubilité est plus grande.

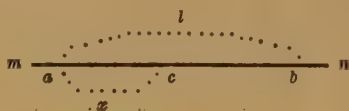
A cet effet, j'ai porté en abscisses les températures, et en ordonnées les quantités de sel dissoutes.

Pour chacune des expériences faites au laboratoire, j'ai inscrit au point de rencontre des lignes de température et du titre des solutions, la densité correspondante. J'ai obtenu ainsi une série de densités inscrites numériquement sur les tableaux.

Au moyen de ces nombres, il m'a été alors relativement aisé de rechercher, par interpolation, les points de passage des courbes de densité constante.

Pour cela, après avoir mesuré la distance qui séparait deux points de densité approchée, mais entre lesquels était compris un nombre rond 50 ou 100, je divisais la longueur trouvée par la différence de densité existant entre les points considérés, et je multipliais le quotient obtenu par la différence de densité existant entre l'un des points inscrits sur le tableau et celui que je voulais établir.

Ainsi, soient deux points a, b , sur une droite m, n :



le point a de densité d , le point b de densité d' , ($d' < d$); supposons que nous voulions déterminer sur la droite ab , la position d'un point intermédiaire c de densité d'' , comprise entre les densités d et d' .

Appelons l la longueur ab , x la distance entre les points a et c , nous aurons :

$$x = \frac{l}{d - d'} \times (d - d'')$$

$\frac{l}{d-d''}$ exprime la longueur que représente l'unité de densité entre les deux points considérés, cette longueur, multipliée par la différence $(d-d'')$, donne la distance qui sépare le point c du point a .

C'est par cette méthode que nous avons recherché les différents points d'une densité constante entre 0 et 60°. Il a suffi de joindre ensuite ces points pour obtenir les lignes qui figurent sur les tableaux. Les portions tracées en pointillé correspondent à des expériences faites en solutions sursaturées.

Pour chacune des courbes d'égale densité, les calculs ont été faits avec le plus grand soin, et en prenant pour un même point plusieurs différences de densité, afin de contrôler par là l'exactitude des nombres donnés par l'expérience et celle aussi des points trouvés par le calcul.

Les avantages que présentent ces courbes sont réunis en exemples au bas de la feuille du tartrate neutre de soude. On verra qu'elles permettent de trouver le titre, la température et la densité d'une dissolution quelconque en fonction de deux de ces quantités.

Elles montrent aussi graphiquement, suivant quelle loi varie la densité d'une dissolution quand la température s'élève, et permettent enfin de construire par interpolation des tableaux numériques, où se trouvent réunies les densités de dissolutions dont le titre diffère de 0^{gr},25 % à toutes les températures.

CONCLUSIONS

L'examen des tableaux et des courbes montre que :

1° La solubilité dans l'eau des tartrates soumis à nos expériences croît proportionnellement à la température.

Elle est représentée par des lignes droites plus ou moins inclinées sur l'axe des X.

2° Le coefficient de dilatation des solutions salines n'est pas constant ; il croît plus vite que la température, et ses variations seraient figurées par des courbes.

3° Quand la température s'élève, la diminution de densité tend à devenir proportionnelle à l'accroissement de température.

4° La densité de différentes solutions pour une même température est sensiblement proportionnelle au poids du sel qu'elles contiennent.

5° A mesure que le titre d'une dissolution augmente et jusqu'à saturation, les courbes d'égale densité tendent à se rapprocher.

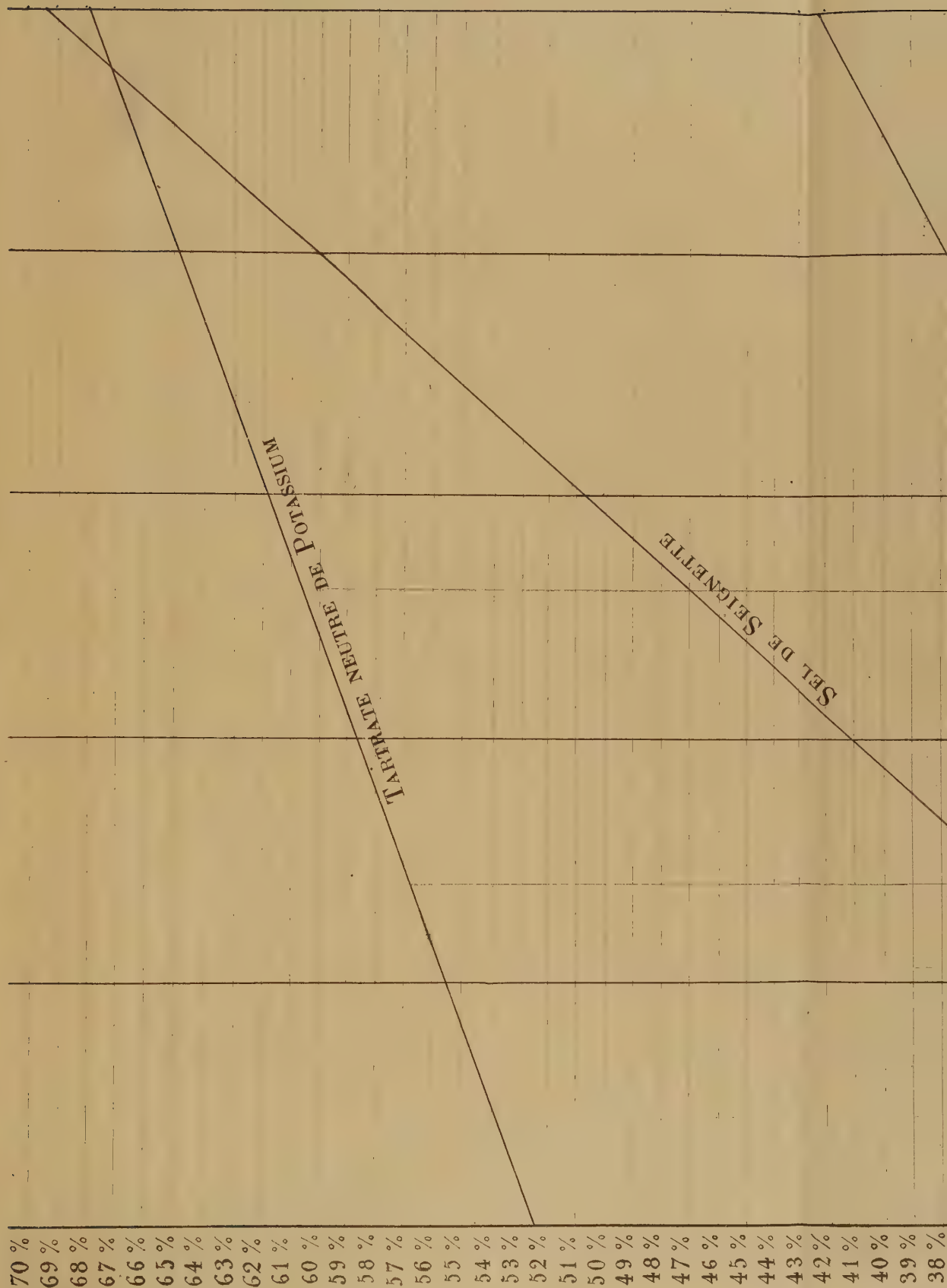
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

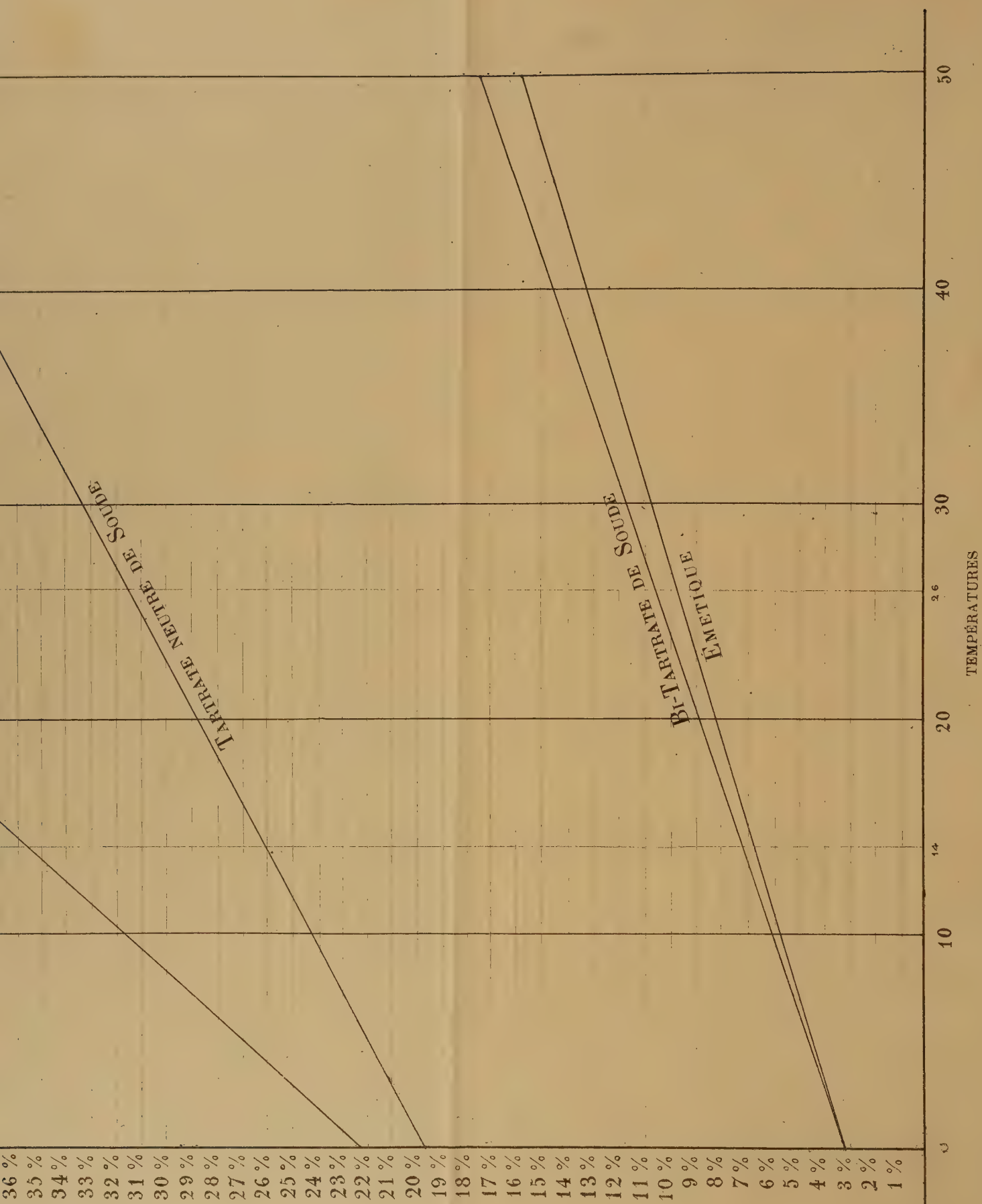
- A. Michel et Kraft. — Mémoire sur les Dissolutions salines, Ann. de Phys. et Chimie, 3^e série, tom. XLI, pag. 471.
- Nordenskjöld. — Ann. de Phys. et Chimie, 4^e série, tom. XVII.
- Bourgoin. — Traité de Pharmacie galénique.
- Schutzemberger. — Chimie générale.
- Gay-Lussac. — Ann. Phys. et Chimie 1819, tom. XI, pag. 296.
- Berthelot. — Essai de Mécanique chimique fondé sur la thermochimie.
- Gérardin. — Thèse de la Faculté des Sciences. Paris, 1865.
- Persoz. — Ann. de Phys. et Chimie, 1836, tom. LXIII, pag. 273.
- Poggiale. — Ann. de Phys. et Chimie, 1843, 3^e série, tom. VIII, pag. 463.
- Alluard. — Bulletin de la Société chimique, tom. III, pag. 55, et comptes rendus, tom. 59.
- Lamy. — Ann. de Phys. et Chimie, 5^e série, tom. XIV, pag. 145.
- Courtonne. — Ann. de Phys. et Chimie 1887, tom. XII, pag. 569.
- Favre. — Répertoire de Chimie pure, tom. III, pag. 113.
- Moeller. — Répertoire de Chimie pure, tom. V, pag. 251.
- Pfaff. — Ann. der Chemie und Pharm., tom. XCIX, pag. 224.
- Dossios. — Bulletin de la Société Chimique, tom. IX, pag. 366.
- Dubrunfaut. — Bulletin de la Société Chimique, tom. XII, pag. 126.
- Lecoq de Boisbaudran. — Bulletin de la Société Chimique, tom. XII, pag. 33.
- Groshaus. — Bulletin de la Société Chimique, tom. XXI, pag. 413, et tom. IX, pag. 191.
- Schiff. — Répertoire de Chimie pure, tom. I, pag. 527.
- Lœvel. — Ann. de Phys. et Chimie 1857, tom. XLIX, 3^e série, pag. 32.
- Diacon. — Recherches sur la solubilité des mélanges salins. Thèse pour le doctorat ès-sciences, 1864. Montpellier.

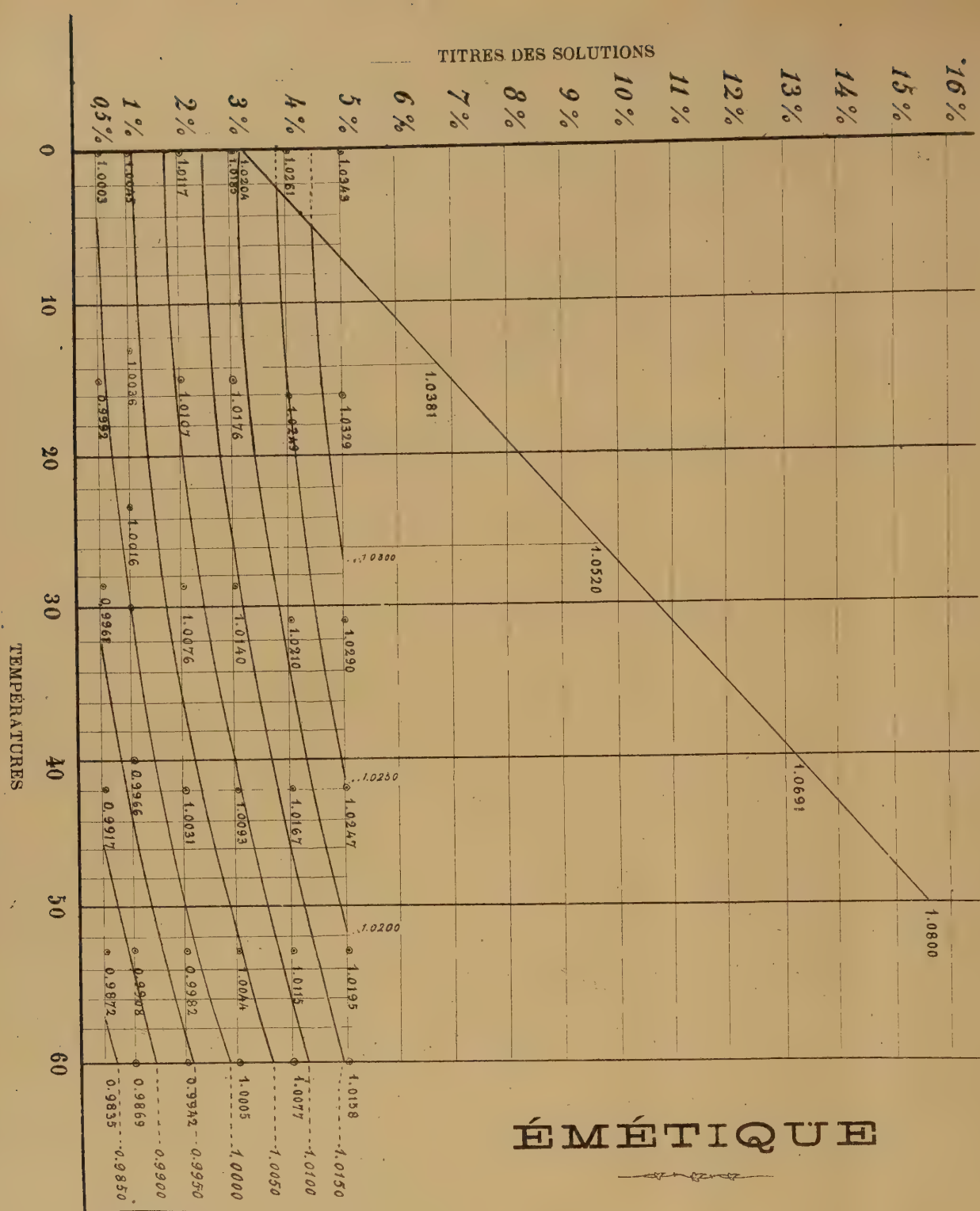
- Leidié. — Thèse sur les courbes de solubilité des différentes variétés d'acide tartrique, 1882.
- Varenne. — Thèse sur la dissolution et les solubilités.
- Etard. — Comptes rendus, tom. XCVIII, pag. 993, 1276.
- Valson. — Comptes rendus, tom. LXXIII, pag. 441.
- Favre et Valson. — Comptes rendus, tom. LXXIII, pag. 1144, tom. LXXIV, pag. 1016, 1165, tom. LXXIX, pag. 968, 1036.
- Filhol. — Comptes rendus, tom. XXI, pag. 415.
- Baudrimont. — Ann. de Phys. et Chimie, 2^e série, tom LX, pag. 78.
- Frémy. — Encyclopédie.
- Despretz. — Ann. de Phys. et Chimie, 2^e série, tom. LXX.
- Isidore Pierre. — Recherches sur la thermométrie et sur la dilatation des liquides, 1878.
- H. Kopp. — Recherches sur la densité de quelques liquides. Annalen der Chemie und Pharmacie, tom. XCIV, pag. 257, tom. XCV, pag. 307 et tom. XCVIII, pag. 367.
- Rossetti. — Ann. de Phys. et Chimie, 4^e série, tom. X, pag. 461 et tom. XVII, pag. 375.
- Régnauld. — Ann. de Phys. et Chimie, 3^e série, tom. IX, 1843.
- Marignac. — Ann. de Phys. et Chimie, 4^e série, tom. XXII, pag. 415.
- Louguinine. — Ann. de Phys. et Chimie, 4^e série, tom. XI, pag. 453.

Vu et permis d'imprimer :	Vu :
Montpellier, le 3 février 1893.	Montpellier, le 2 février 1893
Pour le Recteur de l'Académie,	Le Directeur,
L'Inspecteur d'Académie délégué,	J.-E. DIACON.
J. YON.	

Lignes de Solubilité

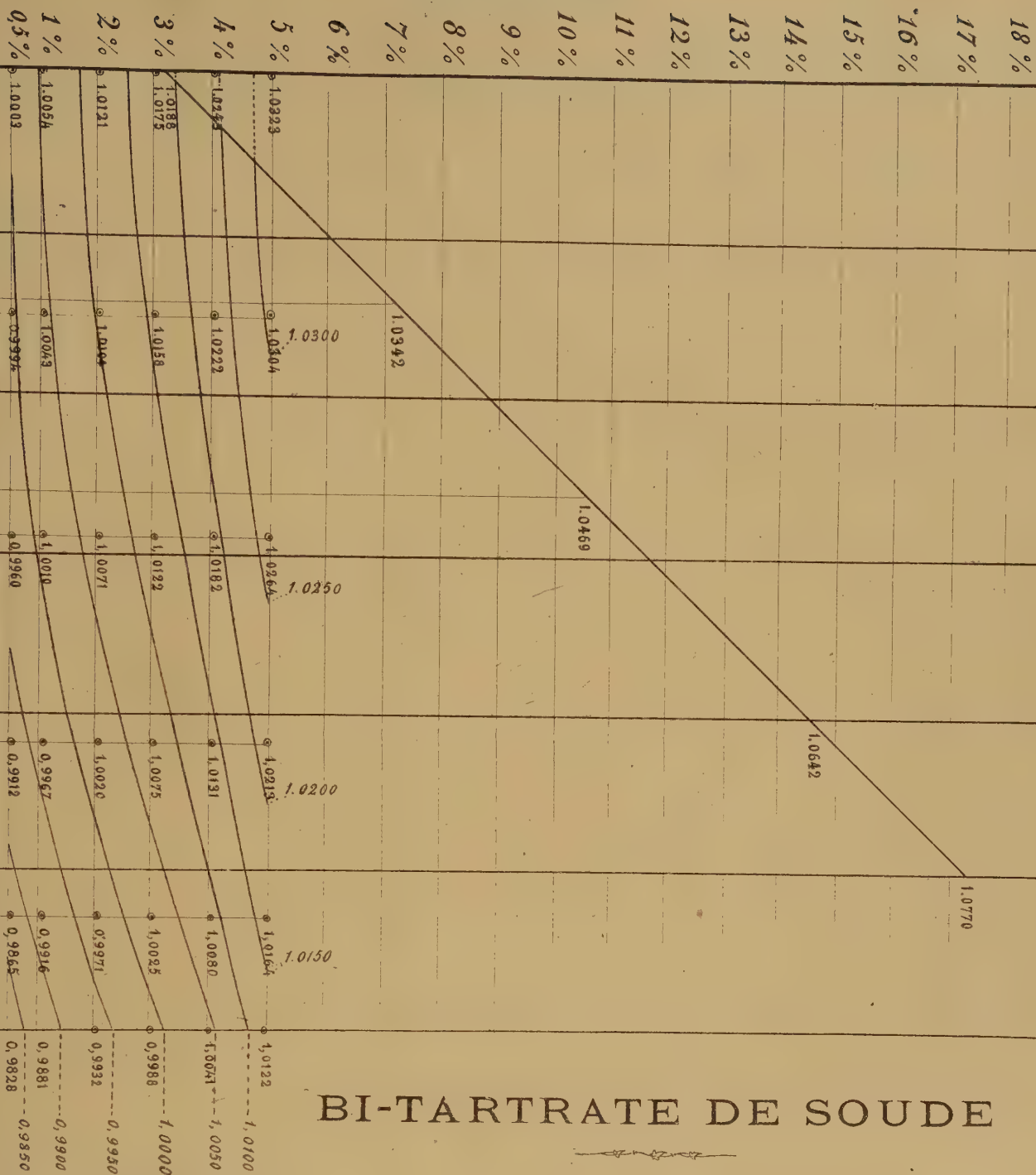






Ligne de Solubilité faisant connaître les densités des solutions saturées, et **Courbes d'égale densité à trois entrées**, donnant le titre, la température et la densité d'une dissolution quelconque en fonction de deux de ces quantités.

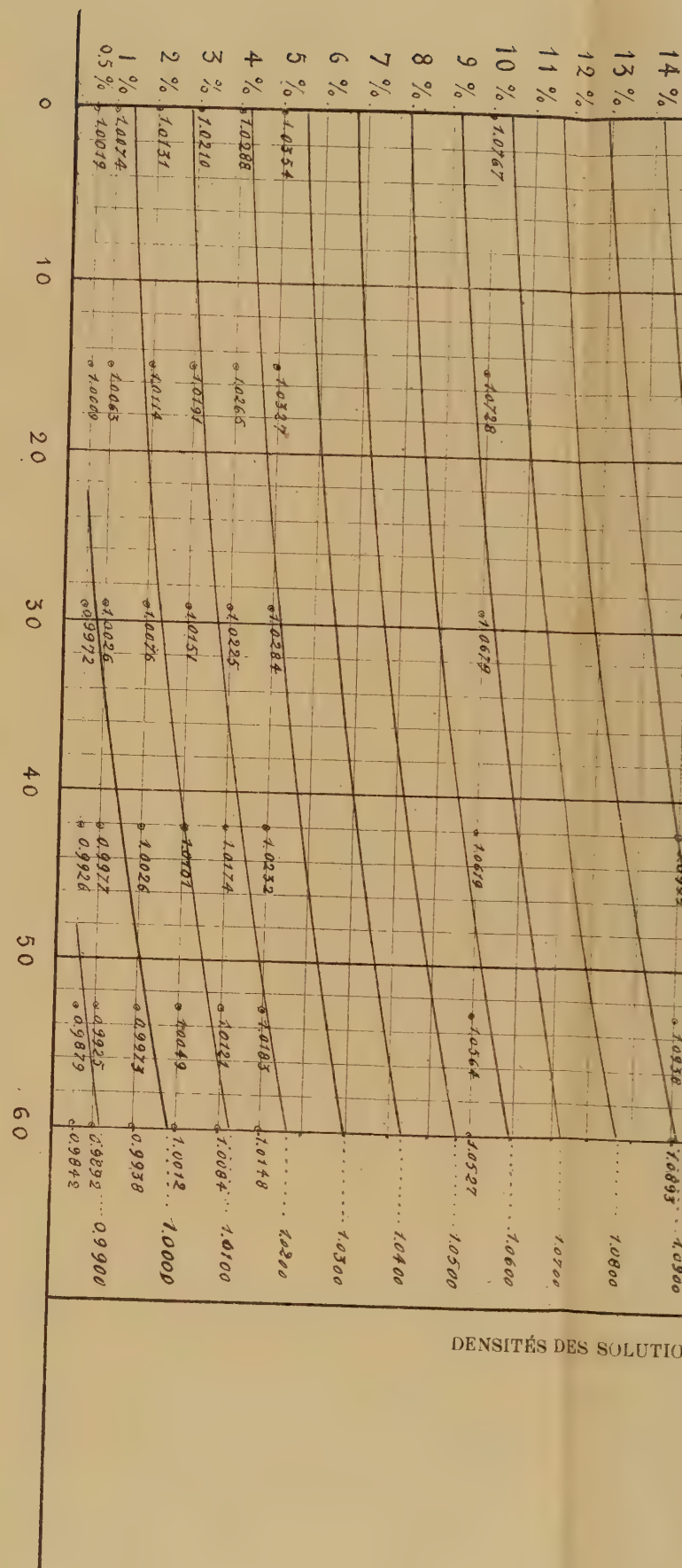
TITRES DES SOLUTIONS



BI-TARTRATE DE SOUDE

Ligne de Solubilité faisant connaître les densités des solutions saturées, et **Courbes d'égale densité à trois entrées**, donnant le titre, la température et la densité d'une dissolution quelconque en fonction de deux de ces quantités.

DENSITÉS DES SOLUTIONS



EXEMPLES :

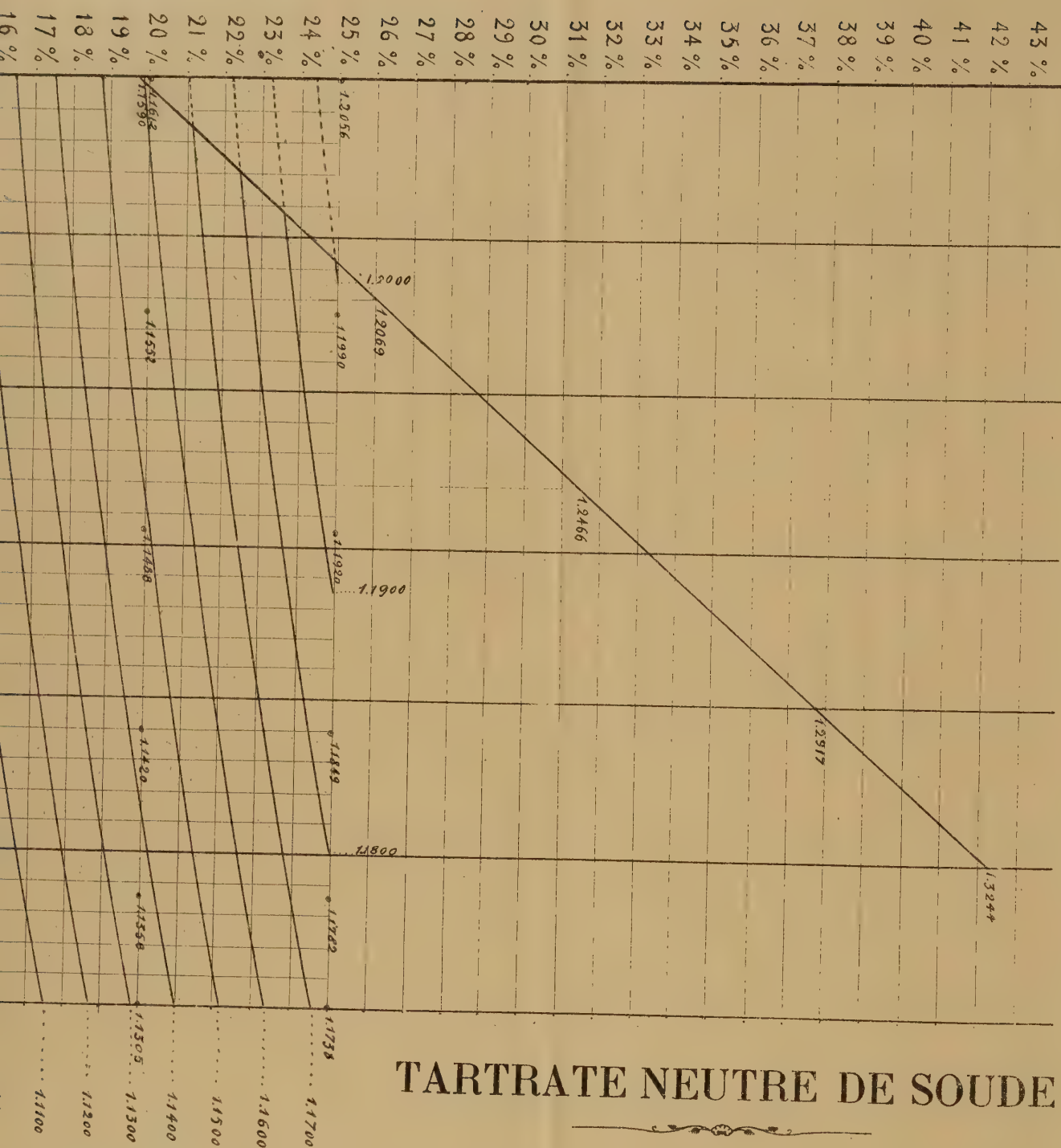
1^{er} EXEMPLE. — (Connaissant la température : T et la densité : d d'une dissolution, trouver son titre.
Soient T = 36° d = 1.1100

L'intersection de la ligne verticale, correspondant à 36° et de la courbe des densités correspondant à 1.1100 donne sur l'échelle, placée à gauche du tableau : 15,8%, titre de la dissolution

2^e EXEMPLE. — On a T = 24,9 (quantité de sel contenue dans la dissolution) = 13,5%, on trouve à l'intersection des lignes correspondantes : d = 1,970.

3^e EXEMPLE. — La température d'une dissolution dont on connaîtrait la densité et le titre se déterminerait de la même manière.

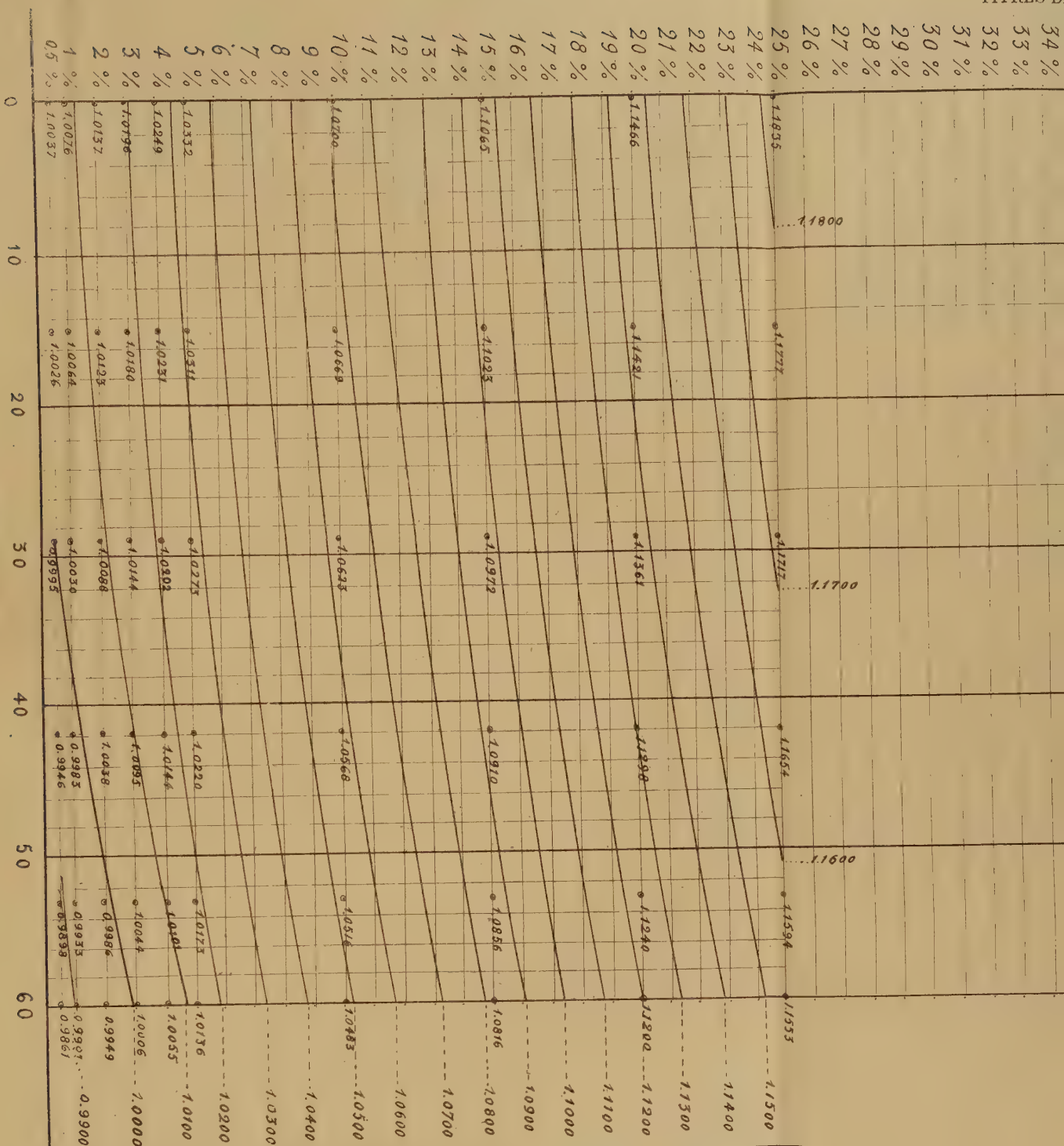
TITRES DES SOLUTIONS



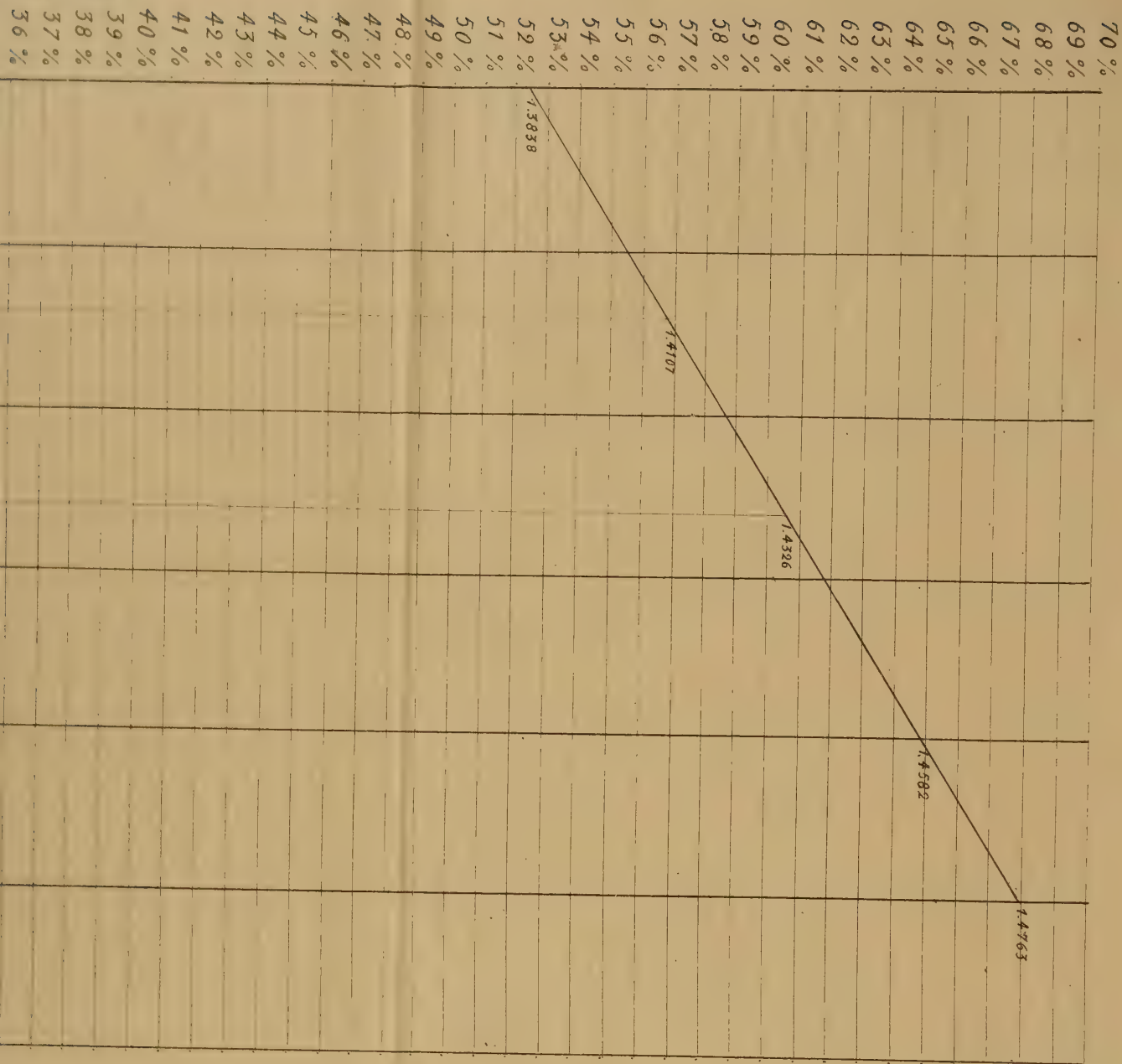
TARTRATE NEUTRE DE SOUDE

Ligne de Solubilité faisant connaître les densités des solutions saturées, et **Courbes d'égale densité à trois entrées**, donnant le titre, la température et la densité d'une dissolution quelconque en fonction de deux de ces quantités.

TEMPÉRATURES

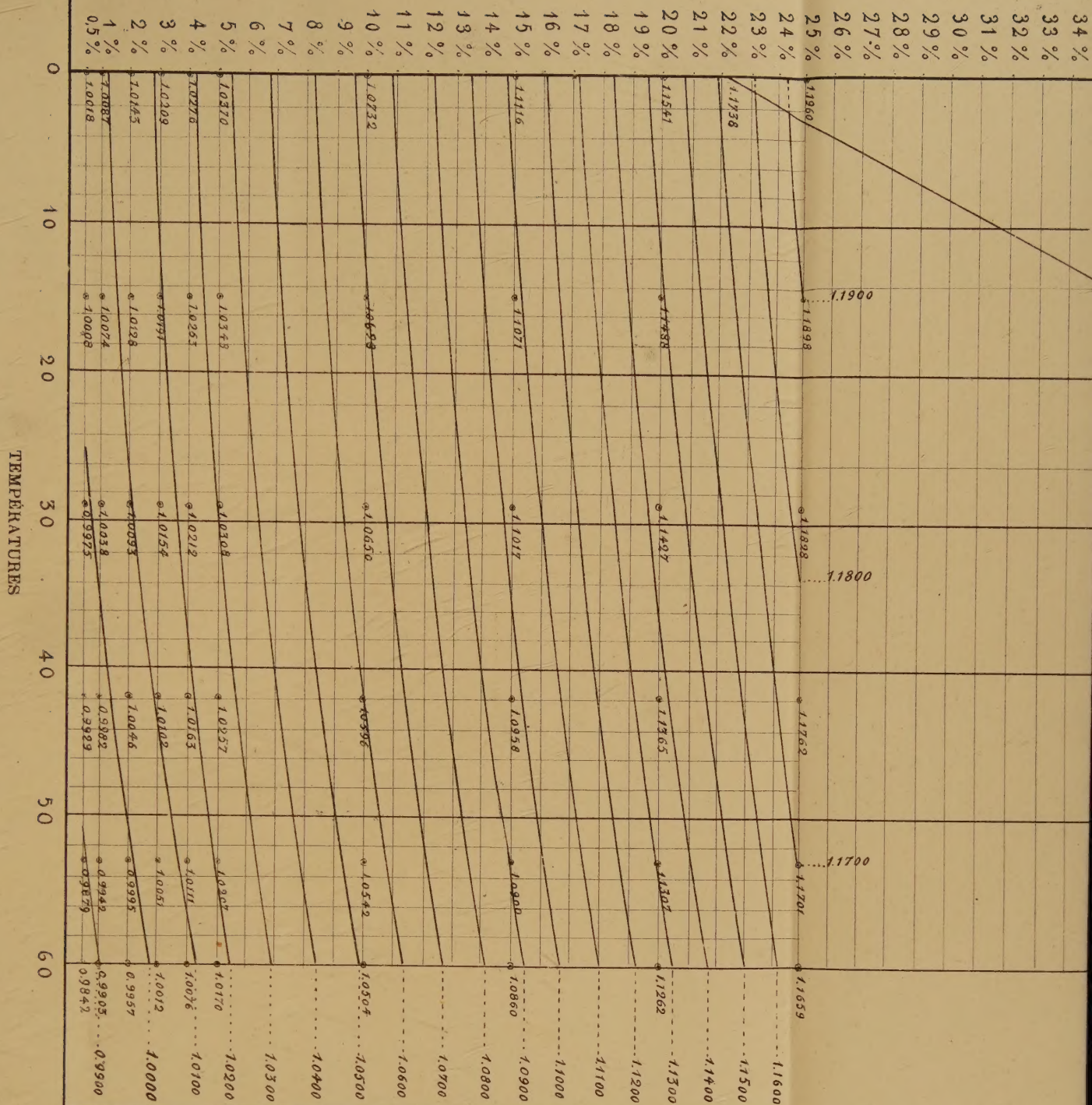


DENSITÉS DES SOLUTIONS

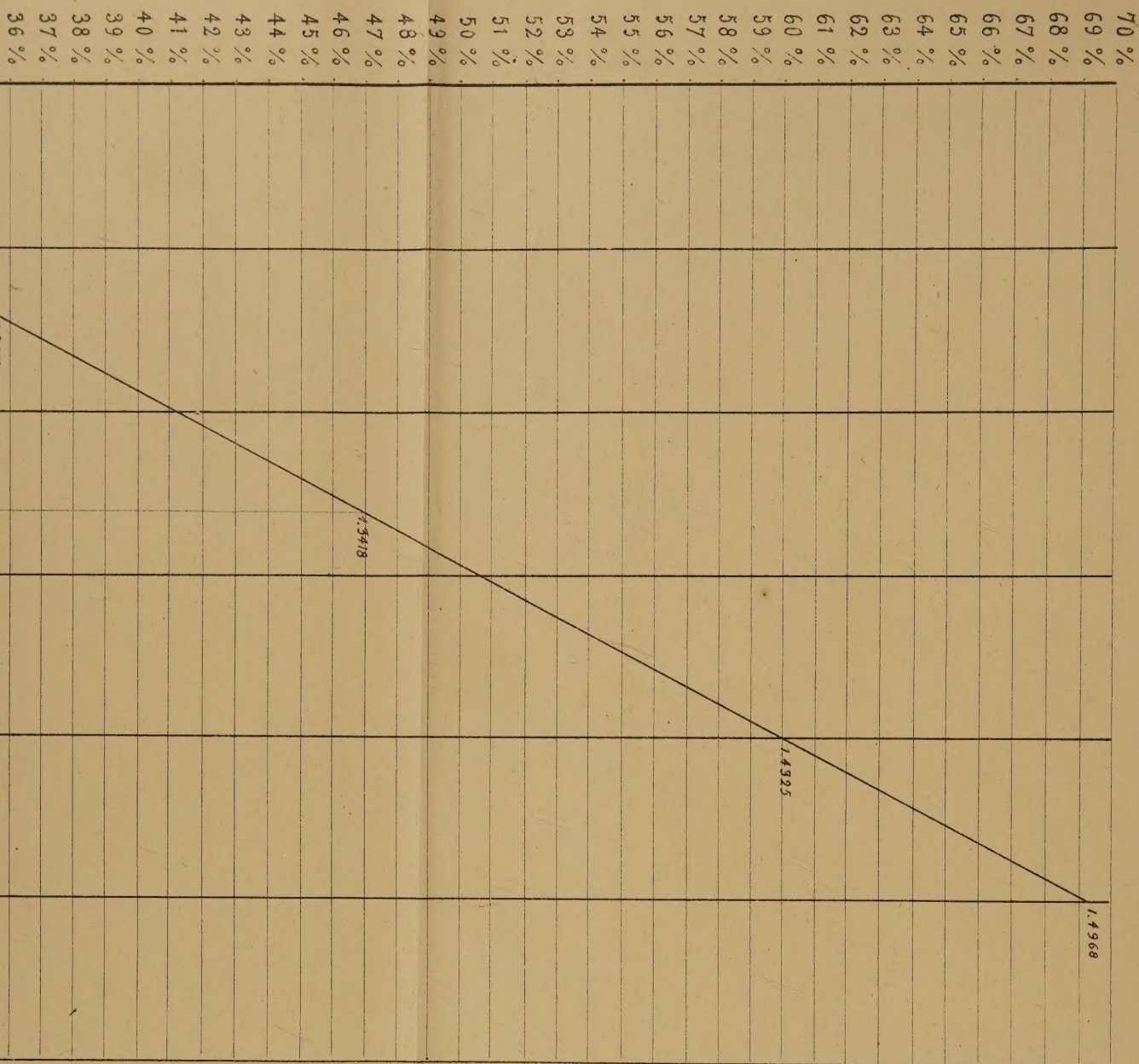


TARTRATE NEUTRE DE POTASSIUM

Ligne de Solubilité faisant connaître les densités des solutions saturées, et **Courbes d'égale densité à trois entrées**, donnant le titre, la température et la densité d'une dissolution quelconque en fonction de deux de ces quantités.



DENSITÉS DES SOLUTIONS

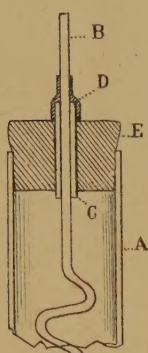


SEL DE SEIGNETTE

Ligne de Solubilité faisant connaître les densités des solutions saturées, et **Courbes d'égale densité à trois entrées**, donnant le titre, la température et la densité d'une dissolution quelconque en fonction de deux de ces quantités.

APPAREILS POUR LES DISSOLUTIONS

Fig. 1.



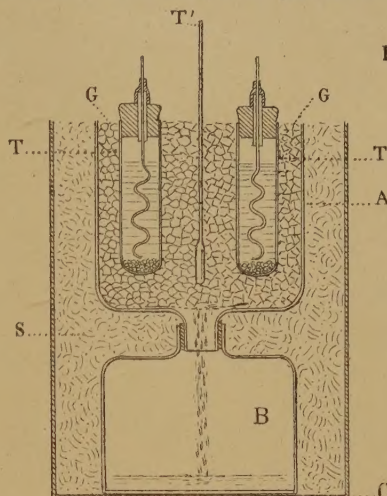
- A Éprouvette en verre.
- E Bouchon en liège.
- C Tube en verre.
- B Agitateur.
- D Tube en caoutchouc.

Fig. 2.

Tube à dissolution



Fig. 3.



- A Cloche en verre
- G Glace pilée.
- T Tubes à dissolution.
- B Flacon en verre
- T' Thermomètre.
- C Caisse en bois.
- S Sciure de bois.

Fig. 4.

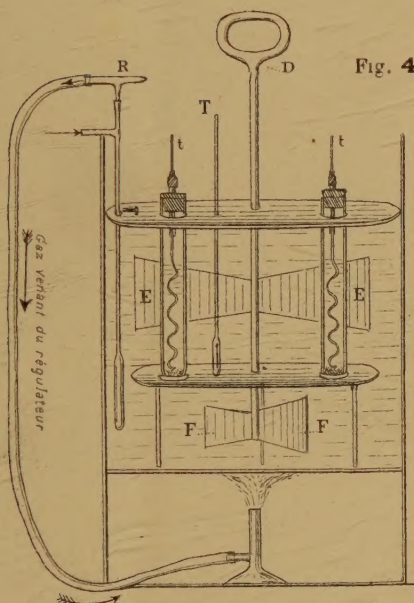
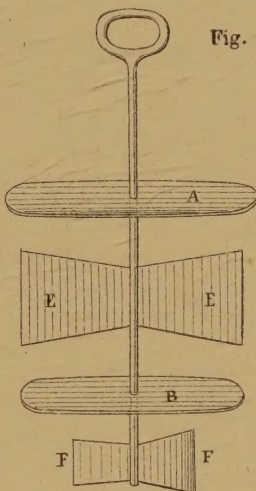


Fig. 5.

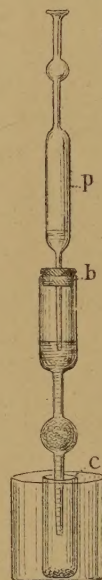


- A, B Disques en laiton.
- t, t Tubes à dissolution.
- T Thermomètre.
- R Régulateur.
- E, F Ailettes.
- D Poignée.
- C Tube en caoutchouc.
- L Cylindre en cuivre.
- O Ouverture.

Fig. 6.



Fig. 7.



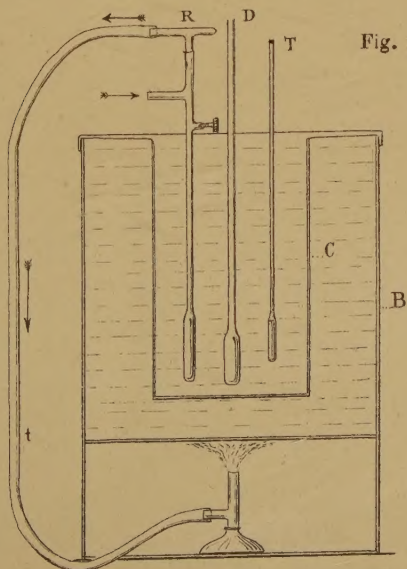
- o Ouverture.
- p Pipette.
- b Bouchon.
- C Cloche à dissolution.
- t Tube.

APPAREILS POUR LES DILATATIONS

Fig. 8.



Fig. 9.



- G Cylindre en cuivre.
- B Cylindre en cuivre.
- D Dilatomètre.
- T Thermomètre.
- R Thermo-régulateur Chancel.
- A Agitateur.
- t Tube en caoutchouc.

Fig. 10.

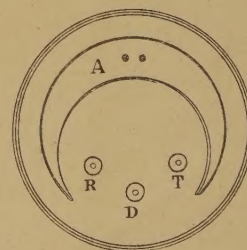


Fig. 11.

